অধ্যাপক সমর গুহ

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

Written in accordance with the Syllabus of Higher Secondary Schools with diversified courses

PRA
MIK
RASA
A

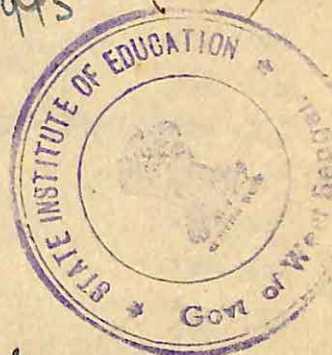
প্রাথমিক রসায়ন

দ্বিতীয় খণ্ড

[Chemistry—Part II : For Class X]

শ্রীসমর গুহ, এম্. এস্-সি.

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের রসায়নের অধ্যাপক, প্রাক্তন অধ্যাপক
বিজয়গড় জ্যোতিষ রায় কলেজ, জগন্নাথ কলেজ,
'পদার্থের স্বরূপ', 'উত্তরাপথ', 'নেতাজীর মত
ও পথ' প্রভৃতি গ্রন্থের প্রণেতা।

পঞ্চদশ সংস্করণ

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

২, রামনাথ বিশ্বাস লেন :: কলিকাতা-৯

প্রথম প্রকাশ : 1958
দ্বিতীয় সংস্করণ : 1960
তৃতীয় সংস্করণ : 1961
চতুর্থ সংস্করণ : 1962
পঞ্চম সংস্করণ : 1963
ষষ্ঠ সংস্করণ : 1964
সপ্তম সংস্করণ : 1965
অষ্টম সংস্করণ : 1966
নবম সংস্করণ : 1967
দশম সংস্করণ : 1968
একাদশ সংস্করণ : 1969
দ্বাদশ সংস্করণ : 1970
ত্রয়োদশ সংস্করণ : 1971
চতুর্দশ সংস্করণ : 1972
পঞ্চদশ সংস্করণ : 1973

মূল্য - ছয় টাকা পঞ্চাশ পয়সা মাত্র

Published by Sri P. C. Bhowal for Book Syndicate (P.) Ltd. at 2, Ramanath Biswas Lane, Calcutta-9 and Printed by Birendra Mohon Basak at Sree Durga Printing House, 10, Dr. Kartick Bose Street, Calcutta-9.

সূচীপত্র

রাসায়নিক সংযোগ সূত্র

পৃথিবীর বস্তুরাশি বিচিত্র ও অগণিত, কিন্তু রাসায়নিক বিশ্লেষণে জানা যায় যে, বস্তুসমূহ যে-কয়েকটি মৌলিক উপাদানে গঠিত তাহার সংখ্যা বিরানব্বইটির (92) বেশি নয়। এই বিরানব্বই রকম মৌলিক পদার্থের 92 রকম পরমাণু দ্বারা পৃথিবীর বিচিত্র ও অগণিত পদার্থরাশি গঠিত। অবশ্য, প্রকৃতিতে বিরানব্বইটি মৌলের চারিটি মৌল এখন পাওয়া যায় না। বর্তমানে কৃত্রিম উপায়ে কয়েকটি নতুন মৌলও তৈরী করা সম্ভব হইয়াছে। প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি বিভিন্ন সংখ্যায় এবং বিভিন্ন কাঠামোতে পরস্পর সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন প্রকারের যৌগিক পদার্থ গড়িয়া তোলে। পৃথিবীর অধিকাংশ প্রাকৃতিক বস্তু যৌগিক পদার্থ। বহুরকম যৌগিক পদার্থের জন্যই বস্তু-জগৎ এরূপ বিচিত্র ও বহুরূপী বলিয়া মনে হয়।

বস্তু-জগতে প্রতিদিন নানারকম পরিবর্তন ঘটে। তাহার ফলে পুরানো বস্তু পরিবর্তিত হয় ও নতুন বস্তু গড়িয়া ওঠে। বিজ্ঞানীর গবেষণাগারেও নানাভাবে মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের পারস্পরিক বিক্রিয়া এবং যৌগিক পদার্থের ভাঙ্গন ও গড়ন চলে। ভাঙ্গাগড়ার পদ্ধতিতে বিভিন্ন পদার্থের গঠনে এই যে পরিবর্তন ঘটে তাহাকেই বলা হয় **রাসায়নিক বিক্রিয়া** (chemical reaction)। যৌগিক পদার্থ পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। একপ্রকার যৌগিক পদার্থ ভাঙ্গিয়া যখন নূতন ধরনের যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় তখন পরমাণুগুলি একপ্রকার যৌগিক অণুর কাঠামো ভাঙ্গিয়া নূতন ধরনের যৌগিক অণুর ভিন্ন কাঠামো রচনা করে। তাই, রাসায়নিক পরিবর্তনের অর্থ একপ্রকার যৌগিক পদার্থের অণুপুঞ্জের কাঠামো ভাঙ্গিয়া আরেক প্রকার যৌগিক পদার্থের ভিন্ন ধরনের অণুপুঞ্জের কাঠামো গঠন।

বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের বা মৌলের পরমাণুর সমবায়ে বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের অণু গঠিত। কিন্তু বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর পক্ষে কখনও খামখেয়ালী ভাবে বা যে-কোন সংখ্যায় বা যে-কোন মৌলের সঙ্গে পরস্পর মিলিত হওয়া সম্ভব নয়। কোন্ মৌলিক পদার্থের পরমাণু অন্য কোন্ মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সঙ্গে এবং কত সংখ্যায়, অর্থাৎ কি পরিমাণ ওজনে সংযুক্ত

হইয়া কিরূপ যৌগিক পদার্থ গঠন করে তাহার নিয়ম ও শৃঙ্খলা অতি সুনির্দিষ্ট। এরূপ নিয়মের তিলমাত্র ব্যতিক্রম হওয়া সম্ভব নয়।

রাসায়নিক পরিবর্তনের বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু সমূহ বিভিন্ন সংখ্যা অর্থাৎ ওজনে পরস্পর মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে। এরূপ বিভিন্ন ঘটনাবলী বিশ্লেষণ করিয়া রসায়ন-বিজ্ঞানীরা কয়েকটি **রাসায়নিক সংযোগ সূত্র** (Laws of chemical combination, or, Laws of stoichiometry) আবিষ্কার করিয়াছেন। এরূপ কয়েকটি প্রধান রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের নাম :

1. **পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্র**—ইংরাজীতে যাহাকে বলা হয় **'ল অব্ ইন্ডেস্ট্রাক্টিবিলিটি অব্ ম্যাটার'** বা **'ল অব্ কনজারভেশন অব্ মাস'** (Law of indestructibility of matter or Law of conservation of mass)।

2. **স্থিরানুপাত সূত্র** তথা ইংরাজীতে **'ল অব্ ডেফিনিট'** বা **কনস্ট্যাণ্ট প্রপোরশন্স'** (Law of definite or constant proportions)।

3. **গুণানুপাত সূত্র** অর্থাৎ ইংরাজীতে **'ল অব্ মালটিপল্ প্রপোরশন্স্'** (Law of multiple proportions)।

*4. **মিথোনুপাত সূত্র** বা ইংরাজীতে **'ল অব্ রেসিপ্রোক্যাল প্রপোরশন্স্'** (Law of reciprocal proportions)।

1. পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্র

(Law of conservation of Mass or, indestructibility of matter)

পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্রটি আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানমনীষী **ল্যাভয়সিয়ার** (Lavoisier)। রাসায়নিক পরিবর্তন অর্থাৎ, বিক্রিয়ার বিভিন্ন ঘটনাবলী পরীক্ষা ও বিশ্লেষণ করিয়া ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করেন :

সংজ্ঞা (Definition) : **যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের সামগ্রিক ওজন বা ভর বিক্রিয়ার আগে ও পরে সর্বদা সমান থাকে।**

অন্য কথায়, রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে পদার্থের ধর্মান্তর ঘটে

* এই সূত্রটি তৃতীয় খণ্ডের আলোচ্য বিষয়।

কিন্তু পদার্থের ভর বা ওজনের কোন ক্ষয় বা বৃদ্ধি হয় না। অর্থাৎ, যে-কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে ও পরে মূল পদার্থের সামগ্রিক পরিমাণ সর্বদা একই থাকে। এই তত্ত্বকে **পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্র** (Law of conservation of mass বা indestructibility of matter) বলে।

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পদার্থের ধর্মে পরিবর্তন ঘটে কিন্তু সামগ্রিক পরিমাণের কোন পরিবর্তন ঘটে না। যথা, **ক** ও **খ** নামের দুইটি পদার্থ পরস্পর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইয়া যদি **গ** ও **ঘ** নামের ভিন্ন রকম দুইটি নূতন পদার্থ গঠন করে তবে দেখা যাইবে যে, বিক্রিয়ার আগে **ক** ও **খ** নামের পদার্থ দুইটি সামগ্রিক ওজন বিক্রিয়ার পরে গঠিত **গ** ও **ঘ** নামের নূতন পদার্থ দুইটির সামগ্রিক ওজনের সমান। অর্থাৎ

বিক্রিয়ার আগে (ক+খ)-এর ওজন = বিক্রিয়ার পরে (গ+ঘ -এর ওজন

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে তড়িৎ-স্পর্শ ঘটাইলে জল তৈরী হয়। এরূপ পরিবর্তনের আগে হাইড্রোজেন অক্সিজেন গ্যাসের সমগ্র ওজন যত ছিল, রাসায়নিক পরিবর্তনের পরে জল পাওয়া যায় ঠিক ততখানি ওজনের।

অর্থাৎ, হাইড্রোজেন + অক্সিজেনের যুক্ত ওজন = জলের ওজন

1 গ্রাম + 8 গ্রাম = 9 গ্রাম

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল তৈরী হয় ($HCl + NaOH = NaCl + H_2O$)। বিক্রিয়ার আগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের যে সম্মিলিত ওজন থাকে, বিক্রিয়ার পরে লবণ ও জলের ঠিক একই সম্মিলিত ওজন পাওয়া যায়। যথা : ওজন হিসাবে :

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড + সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড = লবণ + জল

(সোডিয়াম ক্লোরাইড)

36·5 গ্রাম + 40 গ্রাম = 58·5 গ্রাম + 18 গ্রাম

আপাতদৃষ্টিতে রাসায়নিক পরিবর্তনের ঘটনাবলীতে অনেক ক্ষেত্রে পদার্থের নিত্যতা সূত্রের উল্টা ঘটনাই ঘটিতে দেখা যায় ; কয়লা পুড়িয়া যে-ছাই হয়, আপাতদৃষ্টিতে মনে হয়, সেই ছাই-এর ওজন কয়লার চেয়ে কম। তেল, মোম বা পেট্রল পোড়াইলে এই বস্তুগুলি একেবারে যেন ক্ষয় হইয়া যায় কিছুই বাকী থাকে না। আবার তামা, লোহা, পারদ, টিন বা ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইলে যে ভস্ম তৈরী হয়, সেই ভস্মের ওজন মূল ধাতুর চেয়ে বেশি। কিন্তু

এই রাসায়নিক পরিবর্তনের মূল বিক্রিয়াগুলি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে, রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় মূল পদার্থের যথার্থই কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না।

কয়লা প্রধানত মৌলিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত এবং কয়লার মধ্যে বাহ্যিক ময়লারূপে (impurities) থাকে কিছু ধাতব পদার্থ। কয়লা পোড়ার সময় বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে কয়লার কার্বন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প গঠন করে। এই অদৃশ্য গ্যাস দুইটি বায়ুতে মিশিয়া যায় এবং বাকী পড়িয়া থাকে শুধু ধাতুর ছাই। যদি রাসায়নিক পরিবর্তনের আগে কয়লা ও অক্সিজেনের সংযুক্ত ওজন লওয়া যায় এবং কয়লা পোড়ার পরে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস, জলীয় বাষ্প ও ছাই-এর সংযুক্ত ওজন লওয়া যায় তবে দেখা যাইবে :

[কয়লা + অক্সিজেন]-এর সংযুক্ত ওজন = [ছাই + কার্বন ডাই-অক্সাইড + জলীয় বাষ্প]-এর সংযুক্ত ওজন

মোম, তেল ও পেট্রল মৌলিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেনের দ্বারা গঠিত। জ্বলিবার সময় এই সব জ্বালানী হইতে অদৃশ্য কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প তৈয়ারী হয় বলিয়া আপাতত মনে হয় মোম, তেল বা পেট্রল বুঝি জ্বলিয়া ক্ষয় হইয়া যায়। কিন্তু দৃশ্য ও অদৃশ্য বিভিন্ন উৎপাদক ও উৎপন্ন পদার্থের ওজন যথার্থভাবে হিসাব করা সম্ভব হইলে দেখা যাইবে :

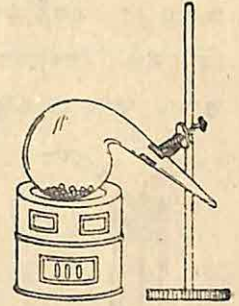
[মোম বা তেল + অক্সিজেন] এর সংযুক্ত ওজন
= [কার্বন ডাই-অকসাইড + জলীয় বাষ্প]-এর সংযুক্ত ওজন।

ম্যাগনেসিয়াম, তামা, পারদ, বা টিনের ন্যায় ধাতু বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ধাতুর অক্সাইড তৈরী করে। তাই ধাতুর অক্সাইড তথা, ধাতুভস্মের ওজন মূল ধাতুর চেয়ে বেশি। একই কারণে লোহার চেয়ে লোহার মরিচার ওজন বেশি। তাই, যথার্থ পরীক্ষায় দেখা যাইবে।

[ধাতু + অক্সিজেন]-এর সংযুক্ত ওজন = ধাতু-ভস্মের ওজন,
[লোহা + অক্সিজেন]-এর সংযুক্ত ওজন = মরিচার ওজন

পরীক্ষাগত প্রমাণ (Experimental proof)

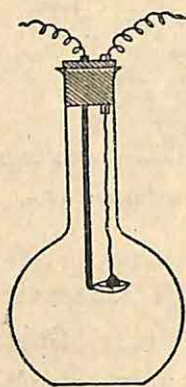
(i) **ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা** (Lavoisier's Expt : formation of tin oxide) : ল্যাভয়সিয়ার একটি কাচের রিটর্ট বা বকযন্ত্রের মধ্যে অল্প পরিমাণে টিন রাখেন এবং এই ধাতব টিন সমেত বকযন্ত্রের গলাটি উত্তাপে

গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেন। পরে টিনসহ সেই মুখবন্ধ বকযন্ত্রটির (retort) ওজন গ্রহণ করেন। তারপর বকযন্ত্রটিকে স্টোভের উপর বসাইয়া কড়া তাপে উত্তপ্ত করেন। বকযন্ত্রের মধ্যে যে অক্সিজেন আবদ্ধ থাকে সেই অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ধাতব টিন আংশিকভাবে সাদা ভস্মে পরিণত হয়। এই সাদা ভস্ম টিনের অক্সাইড। এরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে তিনি আবার সাদা ভস্ম সমেত রিটর্টের ওজন গ্রহণ করেন। এই পরীক্ষায় দেখা যায়, বকযন্ত্রটির আগের ও পরের ওজন একই রহিয়াছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে ধাতব টিন সাদা ধাতু ভস্মে পরিণত হওয়া সত্ত্বেও পদার্থের মোট ওজনের পরিমাণের কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না। [টিনের পরিবর্তে ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম বা অন্য ধাতু লইয়াও উপরে বর্ণিত পরীক্ষাটি সম্পন্ন করিয়া নিত্যতা সূত্র প্রমাণ করা যায়]।

ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা

(ii) **লোহার মরিচা** (Rusting of iron) **পরীক্ষা ঃ** একটি পরীক্ষা-নলে সামান্য অ-পাতিত সাধারণ জল লও এবং নলের মধ্যে কয়েকটি লোহার পেরেক রাখ। এরূপ অবস্থায় পরীক্ষা-নলটির মুখ বায়ুরুদ্ধ করিয়া কর্কের সাহায্যে বন্ধ করিয়া দাও। জল ও পেরেক-সহ মুখবন্ধ পরীক্ষা-নলটির ওজন লও। ওজন লওয়ার পরে পরীক্ষা-নলটি কয়েক দিন রাখিয়া দাও। দেখিবে, কয়েক দিনের মধ্যেই লোহার পেরেকের গায়ে মরিচা পড়িবে। এখন আবার পরীক্ষা-নলটির ওজন লও। দেখিবে, আগে ও পরে পরীক্ষা-নলটি ওজনে সমান রহিয়াছে।

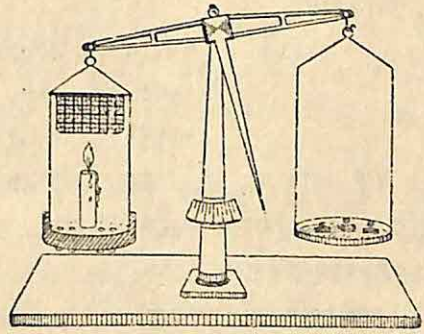
লোহার মরিচার পরীক্ষা

পেরেকের গায়ে মরিচা পড়ার অর্থ লোহা আংশিকভাবে অক্সাইড যৌগে পরিণত হইয়াছে এবং অক্সিজেন সংযোগের ফলে লোহার ওজন বৃদ্ধি পাইয়াছে। কিন্তু যে অনুপাতে লোহা অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া অক্সাইডে পরিণত হইয়াছে, সেই অনুপাতে পরীক্ষা-নলের ভিতরের অক্সিজেন হ্রাস পাইয়াছে। তাই, মরিচা পড়ার আগে ও পরে পরীক্ষা-নলের ওজন একই রহিয়াছে।

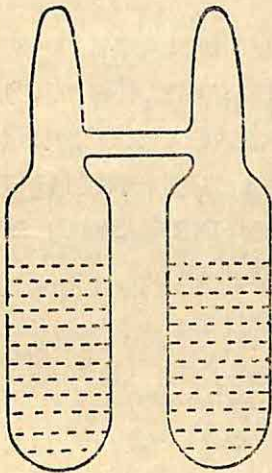
(ii) **অঙ্গার প্রজ্বলনের পরীক্ষা** (Charcoal burning experiment) : একটি কাচের বড় ফ্লাস্ক লও এবং ফ্লাস্কের মুখসই একটি রবারের ছিপি লও। রবারের ছিপিটিতে তুইটি ছিদ্র কর এবং এই ছিদ্র দিয়া তুইটি তামার তার ঢোকাও। এমন তুইটি তার লও যাহার মধ্যে একটি তামার তারের মুখে লাগানো থাকে একটি ছোট ধাতব চামচ। তামার তারের মুখে-লাগানো এই চামচে এক টুকরা অঙ্গার (C) রাখ। চামচটিকে প্লাটিনামের তার দিয়া অপর তারটির সঙ্গে সংযুক্ত কর। তারপরে বড় ফ্লাস্কটি অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা ভর্তি কর এবং তারসহ চামচটি কাচের বড় ফ্লাস্কটির মধ্যে ঢুকাইয়া রবারের ছিপিটি আঁটিয়া ফ্লাস্কের মুখ বন্ধ করিয়া বায়ুরুদ্ধ করিয়া দাও। এখন **তার, চামচ, অক্সিজেন ও অঙ্গার-সহ ফ্লাস্কটির ওজন লও**। তারপরে তামার তার তুইটি একটি ব্যাটারীর তড়িদ্দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত কর। প্লাটিনাম তারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে অগ্নিতপ্ত হইয়া চামচের অঙ্গার ফ্লাস্কের ভিতরে অক্সিজেন সংযোগে জ্বলিয়া যাইবে। এখন ফ্লাসটিকে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লও। এই পরীক্ষায় দেখা যাইবে, **ফ্লাস্কের পরের ওজন ঠিক আগের ওজনের সমান**। ফ্লাস্কের ভিতরের অক্সিজেনের সংযোগে চামচে রক্ষিত অঙ্গার পুড়িয়া যে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করিয়াছে তাহা মুখবন্ধ ফ্লাস্কের মধ্যেই রহিয়া গিয়াছে। তাই পরীক্ষার আগে ও পরে ওজনের কোন পরিবর্তন হয় নাই।

অঙ্গার প্রজ্বলন

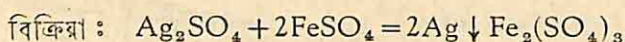
(iv) **মোম প্রজ্বলন পরীক্ষা** (Candle burning experiment) : একটি বড় ব্যাসের মোটা কাচের নল লও। নলটির উপর দিকের মুখে একটি লোহার জালের পাত্র আঁটসাট করিয়া বসাইয়া উহার মধ্যে সোডালাইম [সিক্ত চুন ও কষ্টিক সোডার মিশ্রণ –[$Ca(OH)_2 + NaOH$] ভরিয়া দাও। নলের নিচের দিকের মুখসই একটি কর্কের ছিপি লও এবং বায়ুচলাচলের জন্য ছিপির গায়ে কয়েকটি ছিদ্র করিয়া দাও। ছিপির উপরে একটি মোম বসাইয়া ছিপিটি নলের নিচের দিকের মুখে আঁটিয়া দাও। সোডা লাইমের পুলিন্দা এবং ছিপির-উপরে-বসান নলটির ওজন লও। ওজন লওয়ার পরে ছিপিটি খুলিয়া মোমটি জালাও এবং তাড়াতাড়ি নলের মধ্যে ঢুকাইয়া ছিপিটি আঁটিয়া দাও।

মোমটি জলিয়া নিঃশেষ হইবার পরে ছিপি ও সোডা লাইমের পুলিন্দাসহ নলটি আবার ওজন কর।

মোমটি পুড়িয়া নিঃশেষ হইয়া যাইবার ফলে আপাতদৃষ্টিতে মনে হইবে যে নলের দ্বিতীয় ওজন প্রথম ওজনের চেয়ে কম হইবে। কিন্তু বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে, মোম জলিয়া নিঃশেষ হইবার পরে নলের ওজন বরং বাড়িয়া গিয়াছে। কারণ, মোম জলিয়া যাইবার ফলে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয় নলে-ভরা সোডা লাইম তাহা শুষিয়া লয়। মোমের কার্বন ও হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প গঠন করে। তাই এই গৃহীত অক্সিজেনের পরিমাণ অনুযায়ী নলের ওজন বৃদ্ধি পায়। মোম জলিবার জন্য বায়ু হইতে যে পরিমাণে অক্সিজেন গ্রহণ করা হয়, ওজন বাড়ে সেই পরিমাণে।

মোম প্রজ্বলনের পরীক্ষা

(v) **ল্যান্‌ডল্টের পরীক্ষা** (Landolt's expt.): পদার্থের অবিনাশিতা প্রমাণে বিজ্ঞানী ল্যান্‌ডল্টের পরীক্ষাটি সুবিদিত। দেখিতে ইংরেজী H-অক্ষরের মত এরূপ একটি কাচের নল ব্যবহার করেন বিজ্ঞানী ল্যান্‌ডল্ট। তিনি নলের এক শাখায় ভরেন **ফেরাস সালফেট** (ferrous sulphate) দ্রবণ এবং অপর শাখায় ভরেন **সিলভার সালফেট** (silver sulphate) দ্রবণ। তারপরে নলের দুই শাখার মুখ দুইটি উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেন। প্রথমে তিনি ফেরাস সালফেট ও সিলভার সালফেট ভরা মুখবন্ধ H-নলটির ওজন গ্রহণ করেন। তারপর নলটিকে এপাশে-

ল্যান্‌ডল্টের H-নলের পরীক্ষা

ওপাশে কাৎ করিয়া দ্রবণ মিশাইয়া দেন। ফেরাস সালফেট ও সিলভার সালফেট একত্র মিশিবার ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং মিশ্রিত দ্রবণ হইতে সিলভার অর্থাৎ রূপা তৈরী হইয়া অধঃক্ষেপ রূপে নলের তলায় পড়িয়া যায়।

বিক্রিয়া : $Ag_2SO_4 + 2FeSO_4 = 2Ag \downarrow Fe_2(SO_4)_3$

সিলভার সালফেট, ফেরাস সালফেট, অধঃক্ষিপ্ত সিলভার, ফেরিক সালফেট

এই বিক্রিয়ার পরে আবার H-নলের ওজন লওয়া হয়। দেখা যায় যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে H-নলের যে ওজন ছিল বিক্রিয়ার পরেও সেই একই ওজন রহিয়াছে।

পদার্থের অবিনাশিতা (Indestructibility of matter : পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্রের অর্থ দাঁড়ায় এই যে, পদার্থের মোট পরিমাণে কোন ক্ষয় বা বৃদ্ধি নাই। সৃষ্টির আদি দিনে এই বিশ্ব জগতে যে-পরিমাণ পদার্থ ছিল আজিও সেই পরিমাণই পদার্থ আছে এবং ভবিষ্যতেও তাহাই থাকিবে। রাসায়নিক পরিবর্তনে পদার্থের নানা রূপান্তর ঘটে, অর্থাৎ বিভিন্ন পদার্থের যৌগিক রূপের পরিবর্তন ঘটে মাত্র কিন্তু পদার্থের সামগ্রিক পরিমাণের কোনরূপ হ্রাসবৃদ্ধি হয় না। **পদার্থের নিত্যতা বা অবিনাশিতা সূত্রকে পদার্থ-সংরক্ষণ সূত্র' তথা 'ল অব্ কনজারভেশন অব্ মাস**'ও বলা হয়।

[আধুনিক পরীক্ষা ও সূত্র অনুযায়ী পদার্থকে শক্তিতে রূপান্তরিত করা সম্ভব। শক্তি ও পদার্থ একই সত্তা,—পদার্থ শক্তির সংহতরূপ, শক্তি পদার্থের বিমুক্ত রূপ। শক্তি ও পদার্থকে একক সত্তারূপে ধরা হইলে তবেই পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রকে নির্ভুল বলা যায়। কারণ, প্রতি পরীক্ষার সময়ে কিছুটা পদার্থ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। কিন্তু এরূপ রূপান্তরিত পদার্থের ওজন বা ভর এত কম যে সাধারণ পরীক্ষায় তাহা লক্ষ্য করা সম্ভব হয় না।]

2. স্থিরানুপাত সূত্র

(Law of definite or constant proportions)

জল মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে তৈরী। বৃষ্টি, নদী, তুষার, সমুদ্র অথবা প্রশান্ত মহাসাগর কি ভারত মহাসাগরের জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণ কি একই থাকে? অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে দুইজন ফরাসী বিজ্ঞানীর মধ্যে এই প্রশ্নের

উত্তর সন্ধানে প্রবল বিতর্ক শুরু হয় ; এই বিজ্ঞানীদ্বয়ের একজনের নাম **প্রাউস্ট** (Proust) এবং অপরজনের নাম **বার্থোলে** (Berthollet)। বার্থোলে ছিলেন নেপোলিয়ানের রাজ-রসায়নী। বার্থোলে বলেন, জলের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরিমাণের কোন স্থিরতা নাই। পক্ষান্তরে প্রাউস্ট বলেন, পৃথিবীর যে-কোন স্থান হইতে জল আনা হউক না কেন, অথবা যে-কোন রাসায়নিক উপায়ে জল তৈরী করা হউক না কেন জলের মধ্যে সব সময়ে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন পাওয়া যাইবে। তিনি বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারাও ইহা প্রমাণ করেন এবং এই পরীক্ষার ফল সাধারণভাবে বর্ণনা করিয়া বলেন যে, একরকম যৌগিক পদার্থের মধ্যে একাধিক সংযোগী মৌলিক পদার্থের পরিমাণ সব সময় এক থাকে। এই সিদ্ধান্তের উত্তরে বার্থোলে বলেন যে, চিনি, লবণ, তুঁতে ইত্যাদি মিশাইয়া যে-জলীয় দ্রবণ তৈরী করা হয় তাহার মধ্যে বিভিন্ন পরিমাণে চিনি, লবণ বা তুঁতে মিশান সম্ভব বলিয়া বিভিন্ন দ্রবণে উহাদের পরিমাণ এক থাকে না। তাই এরূপ দ্রবণের ঘনত্বও হয় বিভিন্ন ; কিন্তু প্রাউস্ট দেখান যে, দ্রবণ যৌগিক পদার্থ নয় মিশ্র পদার্থ মাত্র। একই দ্রবণ বা মিশ্র পদার্থের বিভিন্ন উপাদানের পরিমাণের পার্থক্য থাকিতে পারে কিন্তু যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন উপাদানের পরিমাণ সব সময়ে সুনির্দিষ্ট থাকে। শেষ পর্যন্ত বিভিন্ন পরীক্ষার ফলে প্রাউস্টের সিদ্ধান্তই সত্য বলিয়া প্রমাণিত হয়।

মৌলিক পদার্থের পারস্পরিক সংযোগের সুনির্দিষ্ট অনুপাতের যে-নিয়মটি প্রাউস্ট আবিষ্কার করেন রসায়নে তাহা **স্থিরানুপাত সূত্র** অর্থাৎ '**ল অব্ ডেফিনিট বা কনস্ট্যান্ট প্রপোরশন্‌স নামে পরিচিত**। সূত্রটি এই :

সংজ্ঞা : যে কোন যৌগ সর্বদা একই মৌলরাজি দ্বারা গঠিত এবং উৎপন্ন যৌগে মৌলগুলির তৌলিক অনুপাত সর্বদা সুনির্দিষ্ট। এই তত্ত্বটিকে **স্থিরানুপাত সূত্র** (Law of definite or constant proportions) বলা হয়।

এই স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী যে-কোন বিশুদ্ধ জলের মধ্যে সব সময়ে পাওয়া যাইবে 1-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও 8-ভাগ ওজনের অক্সিজেন। সাধারণ বিশুদ্ধ লবণ সব সময়ে মৌলিক পদার্থ সোডিয়াম ও ক্লোরিন দ্বারা গঠিত এবং যে-কোন লবণে সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ওজনানুপাত হইবে—23 : 35·5. তাই লবণের ফর্মুলা $NaCl$, সেরূপ পোড়া চুনে পাওয়া যাইবে ক্যালসিয়াম ও অক্সিজেন এবং ইহাদের ওজনের অনুপাত হইবে– 40 : 16 ; তাই পোড়া চুনের ফর্মুলা - CaO ; বিজ্ঞানী স্টাস্ নানাভাবে সিলভার ক্লোরাইড যৌগ ($AgCl$) তৈরী করেন এবং নানা স্থান হইতে সিলভার ক্লোরাইড সংগ্রহ করিয়া তাহা বিশ্লেষণ করেন। এই পরীক্ষায় দেখা যায়, প্রতি ক্ষেত্রে সিলভার ও ক্লোরিনের ওজন-অনুপাত—107·8 : 35·5 ; সুতরাং স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী

যে-কোন যৌগিক পদার্থ একই রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং এরূপ মৌলিক পদার্থের ওজনের অনুপাত সব সময়ে সুনির্দিষ্ট থাকে।

স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ

(Experimental verification of Law of definite proportions)

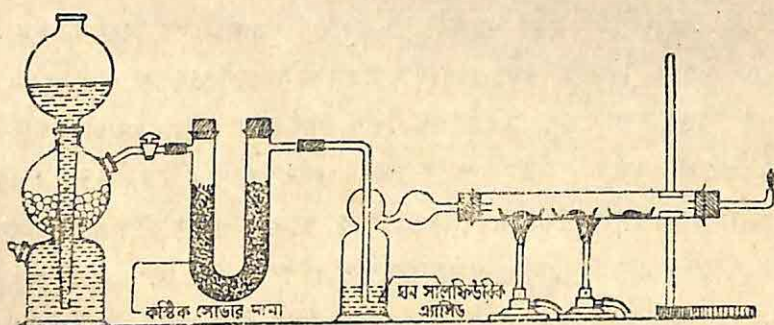
বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড বিভিন্ন উপায়ে প্রস্তুত করা যায়। যেমন,—

(i) বিশুদ্ধ কপার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া উৎপন্ন কপার নাইট্রেটকে বেশী উত্তপ্ত করিলে উহা ভাঙ্গিয়া গিয়া বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপাদন করে।

(ii) কপার নাইট্রেটের দ্রবণে কটিক সোডা দ্রবণ যোগ করিলে যে সবুজ অধঃক্ষেপ পাওয়া পায় তাহা ছাঁকিয়া লইয়া খুব তাপে গরম করিলে বিশুদ্ধ কালো কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

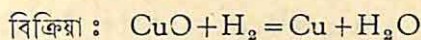
(iii) বিশুদ্ধ কিউপ্রিক কার্বনেট খুব তাপে উত্তপ্ত করিলেও বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

ইহার প্রত্যেকটি লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষা করিতে হয়—

প্রায় 1 গ্রাম করিয়া কিউপ্রিক অক্সাইড তিনটি পোরসেলিন কোশে (boat) রাখিয়া একটি করিয়া ওজন কর। পর পর একটি একটি করিয়া এই কিউপ্রিক অক্সাইড-পূর্ণ কোশ দহন-নলের (combustion tube) মধ্যে

কপার অক্সাইড বিজারণ

রাখিয়া বুনসেন দীপের কড়া তাপে লাল-তপ্ত কর। এই দহন-নলের মধ্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালাও। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত কিউপ্রিক অক্সাইড

হাইড্রোজেন দ্বারা কপার ধাতুরূপে বিজারিত না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইয়া যাও।

বিক্রিয়া : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

কিউপ্রিক অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে কপার ধাতুতে বিজারিত হইলে পোরসেলিন কোশগুলি শীতল কর এবং একে একে কপার ধাতুসহ কোশ তিনটির ওজন লও। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত বারবার উত্তপ্ত করিয়া ও হাইড্রোজেন চালাইয়া কোশের ওজন লও। ইহার পর এইরূপে গণনা কর :

পোরসেলিন কোশের ওজন $= W_1$ গ্রাম

[পোরসেলিন কোশ + CuO]-এর ওজন $= W_2$ গ্রাম

[পোরসেলিন কোশ + Cu]-এর ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ CuO-এর ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

এবং Cu-এর ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

O_2-এর ওজন $= (W_2 - W_3)$ গ্রাম

সুতরাং CuO-এর মধ্যে Cu-এর শতাংশিক ওজন $= \frac{100(W_3 - W_1)}{(W_2 - W_1)}$

এবং CuO-এর মধ্যে O_2-এর শতাংশিক ওজন $= \frac{100(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)}$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যাইবে প্রতিটি CuO-এর নমুনার ক্ষেত্রে $Cu = 79{\cdot}79\%$ এবং $O_2 = 20{\cdot}11\%$.

অথবা CuO-এর মধ্যে কপার এবং অক্সিজেনের অনুপাত $= 63{\cdot}57 : 16$. এরূপ পরীক্ষায় স্থিরানুপাত সূত্র প্রমাণিত হয়।

3. গুণানুপাত সূত্র

(Law of multiple proportions)

বিজ্ঞানী ডলটন 1803 খৃষ্টাব্দে গুণানুপাত সূত্রটি সর্বপ্রথম প্রতিষ্ঠা করেন। ইংরাজীতে এই গুণানুপাত সূত্রটিকে বলা হয় '**ল অব্ মালটিপল্ প্রপোরশনস্**।'

দুইটি মৌল মিলিত হইয়া যখন একটিমাত্র যৌগ গঠন করে তখন স্থিরানুপাত সূত্র অনুসৃত হয়। বিজ্ঞানী প্রাউস্ট এই সূত্র আবিষ্কার করেন। কিন্তু দুইটি

মৌল যদি একটির বেশি যৌগ গঠন করে তবে মৌল দুইটি কোন্ সূত্র অনুযায়ী সংযুক্ত হয় তাহার সন্ধান দেন বিজ্ঞানী ডলটন (Dalton)। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন জল (H_2O) এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) নামে দুইরকম যৌগ গঠন করে। তেমনি কার্বন মনক্সাইড (CO) ও কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) কার্বনের (C) দুইটি অক্সাইড। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পাঁচরকম অক্সাইড গঠন করে। এরূপ ক্ষেত্রে যে-সূত্র অনুযায়ী মৌল দুইটি পরস্পর একাধিক যৌগ গঠন করে তাহাকে বলা হয় **গুণানুপাত সূত্র** (Law of multiple proportions)।

সংজ্ঞা : দুইটি মৌলের সংযোগে একাধিক যৌগ গঠিত হইলে সেই যৌগগুলির মধ্যে একটি মৌলের ওজন যদি স্থির থাকে তাহা হইলে অপর মৌলের বিভিন্ন ওজন পরস্পরের সঙ্গে পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে (simple numerical proportion) **বর্তমান থাকে।**

উদাহরণ : (i) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের দুইটি যৌগ—জল এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইড। জলের (H_2O) মধ্যে 1-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 8-ভাগ ওজনের অক্সিজেন। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের (H_2O_2) মধ্যে 1-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 16-ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

সুতরাং যৌগ দুইটির উভয়ের মধ্যে হাইড্রোজেনের ওজন 1 এবং স্থির, কিন্তু অপর মৌল অক্সিজেনের ওজন যথাক্রমে 8 ও 16, এই দুই ক্ষেত্রে অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত—1 : 2 এবং ইহা পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।

(ii) কার্বনের দুইটি অক্সাইডের মধ্যে কার্বন মনক্সাইডে (CO) 12-ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় 16-ভাগ ওজনের অক্সিজেন, এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে (CO_2) 12-ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয় 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

সুতরাং কার্বনের ওজন দুইটি যৌগের উভয় ক্ষেত্রেই 12 এবং স্থির। পক্ষান্তরে অক্সিজেনের ওজন দুই ক্ষেত্রে যথাক্রমে 16 ও 32, অর্থাৎ যৌগ দুইটির মধ্যে অক্সিজেনের সরল অনুপাত—1 : 2.

(iii) কার্বন ও হাইড্রোজেন অনেক রকম যৌগ গঠন করে। তাহার মধ্যে মিথেন (CH_4), ইথেন C_2H_6), অ্যাসিটিলিন (C_2H_2), ইথিলিন (C_2H_4) কয়েকটি। (কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12 এবং হাইড্রোজেনের 1)। তাই দেখা যায় :

বিভিন্ন যৌগ	কার্বনের স্থির ওজন	হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ওজন
অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)	12	1
ইথিলিন (C_2H_4)	12	2
ইথেন (C_2H_6)	12	3
মিথেন (CH_4)	12	4

সুতরাং এই যৌগসমূহের কার্বনের স্থির ওজন 12 এবং হাইড্রোজেনের সরল অনুপাত 1 : 2 : 3 : 4.

(iv) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পাঁচ রকম অক্সাইড গঠন করে, এবং এই অক্সাইডে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত :

বিভিন্ন যৌগ	নাইট্রোজেনের স্থির ওজন	অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজন
নাইট্রাস অক্সাইড –N_2O	14	8
নাইট্রিক অক্সাইড–NO	14	16
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড –N_2O_3	14	24
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড–N_2O_4 ; NO_2	14	32
নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড –N_2O_5	14	40

সুতরাং এই যৌগসমূহে নাইট্রোজেনের স্থির ওজন 14 এবং অক্সিজেনের সরল অনুপাত 1 : 2 : 3 : 4 : 5.

গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ

(Experimental verification of Law of multiple proportions)

দুইটি পোরসেলিন কোশ (boat) লও এবং পরপর ইহাদের ওজন গ্রহণ কর। একটি কোশের নাম নাও I-নম্বর কোশ এবং দ্বিতীয়টির নাম দাও II-নম্বর কোশ। I-নম্বর কোশে বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) প্রায় এক গ্রাম পরিমাণে ওজন কর। II-নম্বর কোশে ঐ একই রকম পরিমাণে কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) ওজন কর ; দুই রকম কপার অক্সাইড ভরা কোশ দুইটি একটি দহন-নলের মধ্যে পাশাপাশি রাখ এবং দহন-নলটি বুনসেন দীপের কড়া-তাপে উত্তপ্ত কর। নলে স্থাপিত তপ্ত কপার অক্সাইডের মধ্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালাও। হাইড্রোজেন কপারের অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কপার ধাতুতে পরিণত করিবে। যথা : $CuO+H_2=Cu+H_2O$ এবং $Cu_2O+H_2=2Cu+H_2O$; যতক্ষণ পর্যন্ত কপার অক্সাইড দুইটি সম্পূর্ণরূপে কপার ধাতুরূপে বিজারিত না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত হাইড্রোজেন চালাও। তারপর দহন-নল ঠাণ্ডা করিয়া পরপর I-নম্বর ও II-নম্বর কোশের ওজন লও। কোশের ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত বারবার কোশ উত্তপ্ত কর ও হাইড্রোজেন চালাও। [চিত্র—10 পৃষ্ঠা]। এখন নিম্নলিখিত রূপে গণনা কর :

I-নং কোশে CuO এর পরীক্ষা :

I-নম্বর কোশের ওজন $= W_1$ গ্রাম
(I-নম্বর কোশ+CuO)-এর ওজন $= W_2$ গ্রাম
(I-নম্বর কোশ+Cu) এর ওজন $= W_3$ গ্রাম
$\therefore$ কপারের ওজন $=(W_3-W_1)$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের ওজন $=(W_2-W_3)$ গ্রাম

সুতরাং (W_2-W_3) গ্রাম অক্সিজেন (W_3-W_1) গ্রাম কপারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া CuO গঠন করে।

তাই, 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হইবে$\left(\frac{W_3-W_1}{W_2-W_3}\right)=x$ গ্রাম কপারের সঙ্গে।

II-এর কোশে Cu_2O-এর পরীক্ষা :

II-নং কোশের ওজন $=a$ গ্রাম
(II-নং কোশ+Cu_2O)-এর ওজন $=b$ গ্রাম
(II-নং কোশ+Cu)-এর ওজন $=c$ গ্রাম

কপারের ওজন$=(c-a)$ গ্রাম এবং অক্সিজেনের ওজন$=(b-c)$ গ্রাম।
সুতরাং $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেন $(c-a)$ গ্রাম কপারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া Cu_2O গঠন করে।

তাই, 1 গ্রাম অক্সিজেনে যুক্ত হইবে$\left(\frac{c-a}{b-c}\right)=y$ গ্রাম কপারের সঙ্গে।

উভয় পরীক্ষার ক্ষেত্রে অক্সিজেনের স্থির ওজন$=1$ গ্রাম এবং Cu-এর ওজন যথাক্রমে x ও y গ্রাম। বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যাইবে x ও y অর্থাৎ দুইটি অক্সাইডের মধ্যে কপারের ওজনের অনুপাত হইবে—1 : 2.

সুতরাং বলা যায়, এই পরীক্ষায় অক্সিজেনের ওজন নির্দিষ্ট$=1$
এবং কপারের ওজনদ্বয়ের সরল অনুপাত—1 : 2.

পদার্থের অবিনাশিতা সূত্র, স্থিরানুপাত সূত্র এবং গুণানুপাত সূত্র ছাড়া আরও কয়েকটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্র আছে। এই সূত্রগুলির মধ্যে গ্যাস আয়তনিক সূত্র অপর অধ্যায়ে এবং মিথোনুপাত সূত্র তৃতীয় খণ্ডে আলোচনা করা হইবে।

ডলটনের পরমাণুবাদ
(Dalton's atomic theory)

ভারতীয় দার্শনিক কণাদ এবং গ্রীক মনীষী ডিমোক্রিটাস পরমাণুর যে কল্পনা করেন 1808 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ডলটন বিস্তৃত ও সুস্পষ্টভাবে তাহার পুনঃপ্রতিষ্ঠা করেন। প্রথম খণ্ডে পরমাণু ও পরমাণুর ওজন সম্বন্ধে প্রাথমিক পরিচয় দেওয়া হইয়াছে। আমাদের পৃথিবীর প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থগুলি পরমাণু দ্বারা গঠিত। মৌলিক পদার্থের এই পরমাণুগুলির সাধারণ পরিচয় ও ধর্ম কি এবং কিভাবে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পরে মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ গড়িয়া তোলে বিজ্ঞানী **ডলটন** একটি তত্ত্ব (theory) রচনা করিয়া তাহা প্রকাশ করেন। ডলটনের এই তত্ত্ব বিজ্ঞানে **পরমাণুবাদ** বা **অ্যাটমিক থিয়োরী** (Atomic theory) নামে খ্যাত। এই পরমাণুবাদ রসায়ন বিজ্ঞানের অন্যতম মূল ভিত্তি বলা চলে। এই তত্ত্বটি রসায়ন বিজ্ঞানের প্রগতির পথ উন্মুক্ত করিয়া দিয়াছে। ইহা প্রকাশ করার জন্য বিজ্ঞানী ডলটন বিজ্ঞানজগতে চিরস্মরণীয় হইয়া রহিয়াছেন।

ডলটনের পরমাণুবাদ বলে :

(i) **প্রতিটি মৌলিক পদার্থ অসংখ্য অবিভাজ্য পদার্থকণিকা দ্বারা গঠিত। এইরূপ অবিভাজ্য কণিকার নাম পরমাণু বা অ্যাটম** (atom)।

(ii) **একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন।**

(iii) **বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে বিভিন্ন।**

হাইড্রোজেনের সমস্ত পরমাণু ওজনে ও ধর্মে একরকম। তেমনি সোনার প্রতিটি পরমাণুও একরকম। কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন মৌল, যথা, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোনা, রূপা ইত্যাদির পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে বিভিন্ন।

(iv) **মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি পরস্পর পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে। এরূপ অনুপাত—1 : 1, 1 : 2 ; 1 : 3 ; 2 : 3.**

যৌগিক পদার্থ জলে (H_2O) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণু সংখ্যার অনুপাত - 2 : 1 ; কার্বন ডাই-অক্সাইডে (CO_2) কার্বন ও অক্সিজেন পরমাণুর অনুপাত = 1 : 2 ; সাধারণ লবণে (NaCl) সোডিয়াম ও ক্লোরিন পরমাণুর অনুপাত—1 : 1 ইত্যাদি।

কিভাবে মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ গঠিত, কেন বিভিন্ন মৌল ও যৌগ বিভিন্ন, কিভাবে বিভিন্ন মৌল যৌগ গঠন করে এবং কিভাবে রাসায়নিক ক্রিয়া প্রক্রিয়া ঘটে তাহা ডলটনের পরমাণুবাদ দ্বারা অনুধাবন করা যায়। বস্তুত ডলটনের পরমাণুবাদ রসায়ন বিজ্ঞানের ভিত্তি।

ডলটনের পরমাণুবাদের উপযোগিতা

(Utility of Dalton's atomic theory)

1. পৃথিবীর পদার্থরাশি তথা মৌল সমূহ কিভাবে প্রাথমিক কণা দ্বারা গঠিত ডলটনের পরমাণুবাদ তাহা অনুধাবনে সাহায্য করে।

2. কিভাবে মৌল পরমাণুর সমবায়ে যৌগ গঠিত হয় তাহার পদ্ধতিও নির্দেশ করে এই মতবাদ।

3. ডলটনের পরমাণু বা অ্যাটমের কল্পনা অ্যাভোগাড্রোকে অণুর বা মলিকুলের কল্পনা করিতে সাহায্য করে। ডলটনের পরমাণুবাদের উপরে নির্ভর করিয়াই অ্যাভোগাড্রোর অণুবাদের প্রকল্প রচিত হয়।

4. ডলটনের পরমাণুবাদ এবং অ্যাভোগাড্রোর অণুবাদের উপরে নির্ভর করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া অনুধাবন করা সম্ভব হইয়াছে।

5. ডলটনের পরমাণুবাদ দ্বারা নিত্যতা সূত্র এবং অন্যান্য রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলি প্রমাণ করা সম্ভব।

6. বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ওজন ও ধর্ম সুনির্দিষ্ট,—ডলটনের এরূপ সিদ্ধান্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণের সাহায্যে সংকেতাকারে প্রকাশ করিতে সাহায্য করে।

7. বিভিন্ন স্থানে প্রাপ্ত একই মৌল বা যৌগগুলি ওজন ও ধর্মে কেন অভিন্ন তাহাও জানা যায় ডলটনের পরমাণুবাদ হইতে।

ডলটনের পরমাণুবাদের অসঙ্গতি

(Shortcomings of Dalton's atomic theory)

[তৃতীয় খণ্ডে বর্ণিত পরমাণুর গঠন বা অ্যাটমিক ষ্ট্রাকচার অধ্যায় পাঠ করার পরে পুনঃপঠনের সময় এই বিষয়টি অনুধাবনযোগ্য হইবে।]

1. পরমাণু বা অ্যাটম অবিভাজ্য একক কণা—ডলটনের এই সিদ্ধান্ত এখন আর যথার্থ নয়। পরমাণু মূলত নেগেটিভ কণা ইলেকট্রন, পজেটিভ কণা প্রোটন এবং নিরপেক্ষ কণা নিউট্রন,—এরূপ প্রাথমিক কণা দ্বারা গঠিত। কিন্তু স্বাভাবিক অবস্থায় বা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মৌলের পরমাণুগুলি সমষ্টিগত-ভাবে একটি অবিভাজ্য বা অখণ্ড কণারূপে কাজ করে।

2. পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অংশ রাসায়নিক ক্রিয়ায় অখণ্ড বা অবিভাজ্য থাকে, কিন্তু বাইরের ইলেক্ট্রনগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

3. যে কোন একটি মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন বলিয়া ডলটন যে সিদ্ধান্ত প্রকাশ করিয়াছেন তাহাও নির্ভুল নয়। আইসোটোপ আবিষ্কারের ফলে জানা যায় যে, একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের বিভিন্ন ভৌত ধর্মের পরমাণু থাকিতে পারে। যথা : 1, 2, 3—এরূপ তিন ওজনের তিন রকম হাইড্রোজেন পরমাণু বা আইসোটোপ পাওয়া যায়। কার্বনের তিন রকম পরমাণু পাওয়া যায়, যাদের ওজন 11, 12 ও 13 হইতে পারে। ডলটনের পরমাণুবাদ সংশোধন করিয়া তাই বলা যায় যে, **একই মৌলের একরকম আইসোটোপ ওজনে ও ধর্মে একরকম বা অভিন্ন কিন্তু একই মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপ ভৌত ধর্মে বিভিন্ন।**

4. ডলটন পরমাণুর কল্পনা করেন বটে কিন্তু মৌলিক বা যৌগিক অণুর কল্পনা করিতে তিনি সক্ষম হন নাই। তাই যৌগের কণাকেও তিনি পরমাণুরূপে আখ্যা দেন।

5. মৌলের আইসোটোপ আবিষ্কারের ফলে ডলটনের পরমাণুবাদ দ্বারা রাসায়নিক সংযোগ সূত্র প্রমাণ করা যায় না। এরূপ প্রমাণের জন্য মৌলের আইসোটোপের ওজনের সাহায্য নেওয়ার প্রয়োজন হয়।

পরমাণুবাদ ও অবিনাশিতা সূত্র

(Atomic theory and the law of conservation of mass)

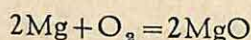
পরমাণুবাদের সাহায্যে খুব সহজেই পদার্থের অবিনাশিতা বা নিত্যতা সূত্র প্রমাণ করা যায়। পরমাণুবাদ প্রয়োগে একথা প্রমাণ করা যায় যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে রাসায়নিক পদার্থে—(i) যত সংখ্যক ও যে রকম পরমাণু থাকে বিক্রিয়ার পরেও ঠিক তত সংখ্যক ও সেই রকম পরমাণু থাকে। সুতরাং, (ii) বিক্রিয়ার আগে রাসায়নিক পদার্থের মোট যে ওজন থাকে বিক্রিয়ার পরেও মোট সেই ওজনই বর্তমান থাকে।

(ক) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিয়া জল তৈরী হয় এবং বিক্রিয়াটি ঘটে এই ভাবে : $2H_2+O_2=2H_2O$. সুতরাং দেখা যায়, বিক্রিয়ার আগে (i) হাইড্রোজেনের পরমাণুর সংখ্যা 4 ও অক্সিজেনের 2 এবং মোট পরমাণুর সংখ্যা 6 ; বিক্রিয়ার পরেও উৎপন্ন জলের দুইটি অণুতে মোট পরমাণুর সংখ্যা 6 এবং তাহার মধ্যে আছে 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং 2টি অক্সিজেন পরমাণু, (ii) হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 ও অক্সিজেনের 16 ; সুতরাং বিক্রিয়ার আগে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মোট ওজন :

$$2H_2+O_2=2\times2\times1+2\times16=36$$

এবং বিক্রিয়ার পরেও উৎপন্ন জলের মোট ওজন :

$$2H_2O=2(2\times1+16)=36$$

(খ) ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড তৈরী হয়। বিক্রিয়া :

$$2Mg+O_2=2MgO$$

সুতরাং বিক্রিয়ার আগে 2টি ম্যাগনেসিয়াম ও 2টি অক্সিজেন পরমাণু অর্থাৎ, মোট 4টি পরমাণু। কিন্তু 2টি ম্যাগনেসিয়াম ও 2টি অক্সিজেন পরমাণুর

সমবায়ে মোট 4টি পরমাণুর দ্বারা গঠিত দুইটি MgO অণু গঠিত হয় বিক্রিয়ার পরে। বিক্রিয়ার আগে ম্যাগনেসিয়াম ও অক্সিজেনের যুক্ত ওজন :

$$2Mg+O_2=2\times24+2\times16=80$$

এবং বিক্রিয়ার পরে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের মোট ওজন :

$$2MgO=2(24+16)=80$$

প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে পরমাণুবাদের সাহায্যে এইভাবে নিত্যতা সূত্র প্রমাণ করা যায়।

প্রশ্ন

1. পদার্থের নিত্যতা সূত্রটি বিবৃত কর। পরীক্ষার সাহায্যে কি উপায়ে ইহার সত্যতা নিরূপণ করা যায়? মুক্ত বায়ুতে মোমবাতি পুড়িলে উহার ওজন হ্রাস পায়। ইহার বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা কি হইবে?

[H. S. Exam. 1960, '68 (Comp.)]

2. মোমের এবং অঙ্গারের দহনের ব্যাপারে পদার্থের নিত্যতা সূত্র কিরূপে প্রমাণ করিতে পার?

3. স্থিরানুপাত সূত্র ও গুণানুপাত সূত্র বিবৃত কর। উপযুক্ত উদাহরণ সাহায্যে উহাদিগকে বুঝাইয়া দাও। [H. S. Exam. (Comp.) 1960]

4. পদার্থের নিত্যতা সূত্র বিবৃত কর। (a) লোহার মরিচা ধরায়, (b) কয়লার দহনে এবং (c) কর্পূরের উদ্বায়িতা—প্রত্যেকটির একটি করিয়া পরীক্ষার সাহায্যে ঐ সূত্রের প্রযোজ্যতা প্রমাণ কর। [H. S. Exam. 1962]

5. স্থিরানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। দেওয়া আছে যে (a) কোন ধাতুর 0·12 গ্রাম বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন করে; (b) ঐ ধাতুর কার্বনেট ও নাইট্রেটে যথাক্রমে 28·5% এবং 16·2% ধাতু বর্তমান। উল্লিখিত কার্বনেট ও নাইট্রেটের প্রত্যেকটির এক গ্রাম লইয়া উত্তপ্ত করিলে কত ওজনের অক্সাইড পাওয়া যাইবে, ঐ সূত্রের সাহায্যে তাহা নির্ণয় কর।

[H. S. Exam. 1963]

6. রাসায়নিক সংযোগে ওজনগত তিনটি সূত্র এবং আয়তনগত একটি সূত্র উল্লেখ কর ও উদাহরণ দাও। কার্বনের দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইডে যথাক্রমে

75% ও 80% কার্বন আছে। সংযুতিদ্বয়ের সহিত গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গতি প্রদর্শন কর। [H. S. Exam. 1964]

7. একটি উদাহরণ-সহ গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। কোন একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড বর্তমান। উহাদের প্রত্যেকের এক গ্রাম করিয়া লইয়া হাইড্রোজেন প্রবাহের মধ্যে উত্তপ্ত করিলে 0·798 এবং 0·888 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। গুণানুপাত সূত্রের সহিত এই পরিলক্ষিত ফলগুলির মিল আছে—ইহা দেখাও। [Engineering Degree Entrance Exam. 1964]

8. গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্রের প্রমাণ হিসাবে দুইটি উদাহরণের উল্লেখ কর। কোন একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 35·9% ও 52·8% ক্লোরিন আছে। ঐ সূত্রের সহিত এই ফলগুলির সঙ্গতি প্রদর্শন কর। [H. S. Exam. (Comp.) 1966]

9. বিভিন্ন উপায়ে সিলভার ক্লোরাইড প্রস্তুতির ফল এইরূপ :

	সিলভারের ওজন	AgCl-এর ওজন
(a)	91·462 গ্রাম	121·4993 গ্রাম
(b)	108·549 গ্রাম	144·2070 গ্রাম
(c)	69·8674 গ্রাম	92·8745 গ্রাম

স্থিরানুপাত সূত্রের সহিত এই ফলগুলির সঙ্গতি প্রদর্শন কর।

[Bombay Inter. 1919, '24]

10. 0·159 গ্রাম কালো কপার অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া 0·127 গ্রাম কপার উৎপাদন করে। 0·143 গ্রাম লাল অক্সাইড বিশ্লিষ্ট হইয়া ঐ একই ওজনের কপার উৎপন্ন হয়। এই প্রাপ্ত ফলগুলি যে গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে তাহা দেখাও।

11. কোন ধাতুর তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 92·82%, 90·61% এবং 86·56% ধাতু বর্তমান। এই অঙ্কগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে কিনা পরীক্ষা করিয়া দেখাও। [Patna Inter. 1947]

12. লেডের কয়েকটি অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করার ফলে নিম্নলিখিত পরিবর্তন দেখা গেল। প্রমাণ কর যে, এগুলি গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক।

(a) 1·393 গ্রাম লিথার্জ 1·293 গ্রাম লেড উৎপাদন করে। (b) 2·173 গ্রাম লেড পারক্সাইড 1·882 গ্রাম লেড উৎপাদন করে। (c) 1·712 গ্রাম রেড লেড 1·552 গ্রাম লেড উৎপাদন করে।

13. এক গ্রাম কপার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল এবং উৎপন্ন লবণ সমধিক উত্তাপে বিশ্লিষ্ট করিয়া 1·25 গ্রাম কিউপ্রাস অক্সাইড পাওয়া গেল। হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে এক গ্রাম কিউপ্রাস অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে 0·888 গ্রাম কপার পাওয়া গেল। প্রাপ্ত ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে—ইহা দেখাও। [Calcutta Inter. 1949]

14. ডলটনের পরমাণুবাদ বিবৃত কর এবং উহার প্রয়োজনীয়তা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

15. ভরের নিত্যতা সূত্র লিখ এবং একটি উদাহরণ দাও। ডলটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে এই সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

(ক) একটি মোম পুড়িলে উহার ওজন কমিয়া যায়।

(খ) এক টুকরা লোহায় মরিচা পড়িলে ইহার ওজন বাড়ে।

উল্লিখিত উদাহরণগুলি কি নিত্যতা সূত্র সমর্থন করে? যথাযোগ্য যুক্তির সাহায্যে আলোচনা কর।

অ্যাসিড, ক্ষারক, ক্ষার ও লবণ

অজৈব যৌগিক পদার্থের সংখ্যা অগণ্য কিন্তু সংখ্যায় অগণিত হইলেও ইহাদের মোটামুটি কয়েকটি সমধর্মী শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। এরূপ তিনটি শ্রেণী—**অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ** তথা **অ্যাসিড** (acid), **বেস** (base) ও **সল্ট** (salt)। রাসায়নিক বিক্রিয়া অনুধাবনের জন্য অ্যাসিড ক্ষারক ও লবণের সাধারণ ধর্ম সম্বন্ধে প্রাথমিক পরিচয় বিশেষভাবে প্রয়োজন।

[অ্যাসিড, লবণ ও ক্ষারের বিস্তৃত আলোচনা তৃতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।]

অ্যাসিড বা অম্ল (Acid)

পরিচয়ঃ অ্যাসিড শব্দের অর্থ অম্ল। প্রাচীন কালে সুরা জাতীয় পদার্থ পচাইয়া ভিনিগার তৈরী করা হইত। ভিনিগারের স্বাদ অম্ল। এই অম্লস্বাদের জন্য ভিনিগারকে অ্যাসিড বলা হইত। অম্লস্বাদের বস্তুমাত্রেই অ্যাসিড বর্তমান। তেঁতুল, লেবু, কমলা, দই ইত্যাদি জৈব বস্তুর মধ্যে জৈব অ্যাসিড পাওয়া যায়। তাই এই পদার্থগুলি স্বাদে অম্ল। প্রাচীনকালে অম্লরূপে শুধু ভিনিগারের সঙ্গে পরিচয় ছিল।

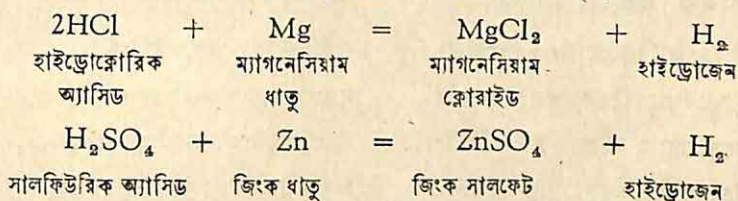
অজৈব অ্যাসিডের মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) ও সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) খুব পরিচিত ও প্রয়োজনীয়। অ্যালকেমিস্টরা মধ্যযুগে এই অ্যাসিডগুলি আবিষ্কার করেন।

1664 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল (Robert Boyle) প্রথমে অ্যাসিডের কতকগুলি বিশেষ ধর্ম বর্ণনা করেন। তিনি বলেন, অ্যাসিডমাত্রেই স্বাদে অম্ল এবং ইহা অনেক পদার্থকে দ্রবীভূত করিতে পারে, নীল লিটমাস রঙকে লাল করিতে পারে, ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় ও সালফারের দ্রবণ হইতে সালফার অধঃক্ষেপ ফেলে। ইহার পর 1777 খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়ার বলেন যে প্রত্যেক, অ্যাসিডের মধ্যে অবশ্যই অক্সিজেন বর্তমান। এই বিশ্বাস হইতেই তিনি অক্সিজেন নামটি দেন। অক্সিজেনের অর্থ, অ্যাসিড উৎপাদক। কিন্তু 1787 খ্রীষ্টাব্দে বার্থোলে (Berthollet) দেখান যে, হাইড্রোসিয়ানিক অ্যাসিডের (HCN) মধ্যে শুধুমাত্র হাইড্রোজেন, কার্বন ও নাইট্রোজেন আছে—অক্সিজেন নাই। কিন্তু সে সময়ে ল্যাভসিয়ারের মর্যাদা এত ছিল যে বার্থোলের পরীক্ষালব্ধ ফল স্বীকৃত হয় নাই। 1810—13 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ডেভি (Davy) প্রমাণ করেন যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড শুধুমাত্র হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন এবং হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড শুধুমাত্র হাইড্রোজেন ও ব্রোমিন দ্বারা গঠিত। ডেভির পরীক্ষার পর একথা স্বীকৃত হয় যে, সব অ্যাসিডে অক্সিজেন না-ও থাকিতে পারে কিন্তু প্রতিটি অ্যাসিডে হাইড্রোজেন অবশ্যই থাকিবে।

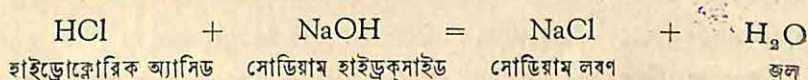
অ্যাসিড, বেস ও সল্ট বা অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ পরস্পর বিশেষভাবে নির্ভরশীল। তাই, ইহাদের সংজ্ঞাও পরস্পরের উপর নির্ভরশীল।

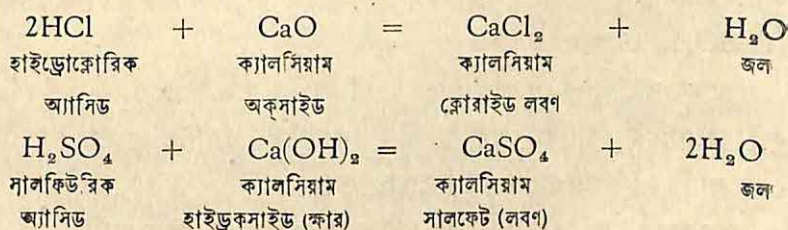
অ্যাসিড (acid)ঃ **যে যৌগে ধাতু বা ধাতবমূলক দ্বারা আংশিক বা পূর্ণ প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন বর্তমান এবং যাহা ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে সেরূপ যৌগকে অ্যাসিড বলা হয়।** [আয়নীয় সংজ্ঞা তৃতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য]

অ্যাসিডের ধর্মঃ অ্যাসিডের সাধারণ ধর্ম বিশ্লেষণ করিয়া বলা যায় যে, (i) অ্যাসিড মাত্রই স্বাদে অম্ল। (ii) অ্যাসিডের অণুতে অবশ্যই হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে এবং এই হাইড্রোজেন পরমাণুকে ধাতুর বা ধাতবমূলক দ্বারা অপসারিত বা **প্রতিস্থাপিত** (replaced) **করা** যায়। যথা :

$2HCl$	+	Mg	=	$MgCl_2$	+	H_2
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ম্যাগনেসিয়াম ধাতু		ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড		হাইড্রোজেন
H_2SO_4	+	Zn	=	$ZnSO_4$	+	H_2
সালফিউরিক অ্যাসিড		জিংক ধাতু		জিংক সালফেট		হাইড্রোজেন

এই বিক্রিয়া দুইটিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের **হাইড্রোজেন** এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের **হাইড্রোজেন** পরমাণু যথাক্রমে **ম্যাগনেসিয়াম** ও **জিংক** ধাতুর পরমাণু দ্বারা অপসারিত বা **প্রতিস্থাপিত** হইয়াছে।

(ii) **ক্ষার** বা **অ্যালকালি** জাতীয় পদার্থের সঙ্গে অ্যাসিড প্রবল বিক্রিয়া ঘটায় এবং **লবণ ও জল** গঠন করে। যথা :

HCl	+	$NaOH$	=	$NaCl$	+	H_2O
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড		সোডিয়াম লবণ		জল

(iv) ধাতুর অক্সাইড বা ক্ষারকের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জল ও **লবণ** salt) নামের এক শ্রেণীর যৌগ তৈরী হয়।

$2HCl$	+	CaO	=	$CaCl_2$	+	H_2O
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম অক্সাইড		ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড লবণ		জল
H_2SO_4	+	$Ca(OH)_2$	=	$CaSO_4$	+	$2H_2O$
সালফিউরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (ক্ষার)		ক্যালসিয়াম সালফেট (লবণ)		জল

(v) অ্যাসিডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস এবং মিথাইল অরেঞ্জ দ্রবণ লাল হইয়া যায়।

(vi) অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে পজেটিভ আয়নরূপে হাইড্রোজেনের আয়ন গঠন করে। যথা: $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$ [তৃতীয় খণ্ডে পুনঃপঠনের সময় অনুধাবনযোগ্য।]

অ্যাসিডের দুই শ্রেণী: হাইড্রাসিড ও অক্সিঅ্যাসিড

যে অজৈব অ্যাসিড অণুতে (inorganic acid) শুধু হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, কিন্তু অক্সিজেন থাকে না, তাহাকে বলা হয় **হাইড্রাসিড** এবং যে-অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের সঙ্গে অক্সিজেনও থাকে তাহাকে বলা হয় **অক্সিঅ্যাসিড**। যথা:

হাইড্রাসিড (Hydracids)	**অক্সিঅ্যাসিড** (Oxyacids)
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড—HCl	নাইট্রিক অ্যাসিড—HNO_3
হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড—HI	সালফিউরাস অ্যাসিড—H_2SO_3
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড - HBr	সালফিউরিক অ্যাসিড—H_2SO_4
হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড—HF	ফসফরিক অ্যাসিড—H_3PO_4
হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিড—H_2S	কার্বনিক (অস্থায়ী) অ্যাসিড—H_2CO_3
হাইড্রোসিয়ানিক অ্যাসিড—HCN	বোরিক অ্যাসিড—H_3BO_3

'আস্'-অ্যাসিড ('ous'-acid): যে অ্যাসিডে অক্সিজেনের পরিমাণ এবং অ্যাসিডের নামকারী মুখ্য মৌলের যোজ্যতা অপেক্ষাকৃত কম তাহাকে 'আস্' অ্যাসিড বলা হয়। যথা: নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2) এবং সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3); যোজ্যতা: $N=3$; $S=4$.

ইক্-অ্যাসিড ('ic'-acid): যে অ্যাসিডে অক্সিজেনের পরিমাণ এবং অ্যাসিডের নামকারী মূল মৌলের যোজ্যতা অপেক্ষাকৃত বেশি তাকে 'ইক্' অ্যাসিড বলা হয়। যথা: নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4); যোজ্যতা: $N=5$, $S=6$

অজৈব অ্যাসিডের (inorganic acid) মধ্যে সালফিউরিক, নাইট্রিক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড খুব তেজী। কার্বনিক অ্যাসিড মৃদু ও অস্থায়ী। জৈব অ্যাসিড (organic acid) সাধারণত মৃদু।

পরীক্ষা: (i) এক ফোঁটা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জিভে লাগাইয়া দেখ যে অ্যাসিডের স্বাদ অম্ল। [নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড কখনও জিভে লাগাইও না। এই অ্যাসিড দুইটি মারাত্মকভাবে তেজী। এই অ্যাসিড জিভে বা গায়ে যেখানেই লাগিবে সেস্থানটিতে

ক্ষত সৃষ্টি হইবে। নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড জামা-কাপড় ক্ষয় করিয়া দেয়। তাই অ্যাসিড ব্যবহারে বিশেষ সতর্কতা প্রয়োজন।]

(ii) একটি পরীক্ষা-নলে জল লও। তাহার মধ্যে কয়েক ফোঁটা হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। এই অ্যাসিড দ্রবণে এক টুকরা নীল লিটমাস কাগজ ডুবাও। নীল লিটমাস কাগজের রঙ সঙ্গে সঙ্গে লাল হইয়া যাইবে। [লিটমাস রঙ এক রকম জৈব পদার্থ দ্বারা তৈরী করা হয়।]

(iii) একটি পরীক্ষা-নলে কয়েকটি তামার কুচি লও এবং তাহার মধ্যে ধীরে ধীরে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাল। দেখিবে, পরীক্ষা-নলে এক প্রকার বাদামী রঙের গ্যাস তৈরী হইবে এবং পরীক্ষা-নলের নীচে একরকম নীল তরল জমা হইবে। এই নীল তরল কপার নাইট্রেট লবণ। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, অ্যাসিড তেজী পদার্থ।

(iv) একটি পরীক্ষা-নলে কিছু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লও এবং তাহার মধ্যে কয়েক দানা জিংক ফেল। দেখিবে পরীক্ষা-নলে ভুরভুর করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইবে এবং তলায় জমা হইবে জিংক সালফেট লবণ। এই পরীক্ষায় জিংক দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় এবং জিংক সালফেট লবণ গঠন করে।

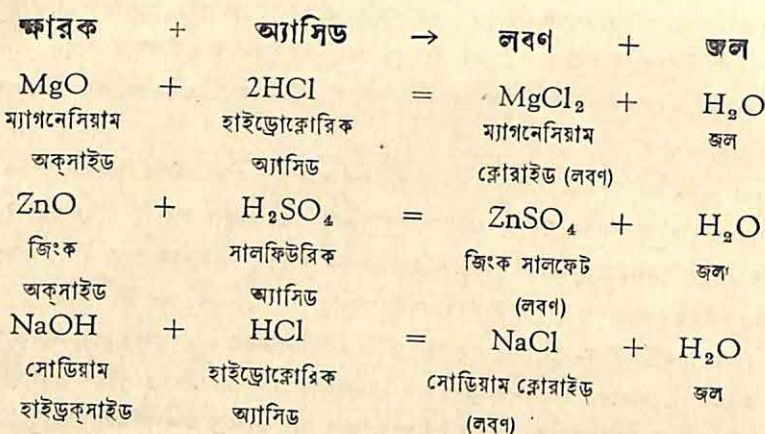
ক্ষারক ও ক্ষার বা বেস ও অ্যালকালি
(Base and Alkali)

পরিচয়ঃ অ্যাসিডের বিপরীতধর্মী যৌগিক পদার্থের নাম ক্ষারক বা বেস (base)। কোন কোন গাছের পাতা বা গাছের ছাল পোড়াইয়া ক্ষার তৈরী করা যায়, একথা প্রাচীনকালে আমাদের দেশেও জানা ছিল। যব ক্ষার, মৃদু ক্ষার, তীব্র ক্ষার—ক্ষারের এরূপ বিভিন্ন নাম আমাদের দেশের প্রাচীন রসায়নশাস্ত্রেও পাওয়া যায়। চুন-জল কাঠ ও উদ্ভিদের ছাই ইত্যাদির মধ্যে ক্ষারধর্মের সন্ধান প্রাচীনকাল হইতেই বিজ্ঞানীরা জানিতেন। মিশরে হ্রদের তীরে ন্যাট্রন নামে প্রাকৃতিক সোডা অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) পাওয়া যাইত। পশুর খুর বা হাড় পোড়াইয়া অথবা মূত্র পচাইয়া একরকম ক্ষার তৈরী করা হইত (এইরূপ ক্ষার অ্যামোনিয়াম কার্বনেট [$(NH_4)_2CO_3$] ; ইহার পরে এইসব পদার্থের নাম দেওয়া হয় মৃদু অ্যালকালি (mild alkali) ও কষ্টিক অ্যালকালি (caustic alkali)। গত দুইশত বৎসরের গবেষণায় ক্ষারের যথার্থ পরিচয় সন্ধান করা সম্ভব হয়।

ক্ষারক বা বেস (base)**ঃ ধাতুর অথবা ধাতুধর্মী মূলকের অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডকে ক্ষারক বা বেস** (base) **বলা হয় এবং ইহা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল তৈরী করিতে সক্ষম।**

[উচ্চতর সংজ্ঞা তৃতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।]

নিম্নের অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডগুলি ক্ষারকের উদাহরণ। ইহাদের বিক্রিয়া :

ক্ষারক	+	**অ্যাসিড**	→	**লবণ**	+	**জল**
MgO ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড	+	$2HCl$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	=	$MgCl_2$ ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)	+	H_2O জল
ZnO জিংক অক্সাইড	+	H_2SO_4 সালফিউরিক অ্যাসিড	=	$ZnSO_4$ জিংক সালফেট (লবণ)	+	H_2O জল
$NaOH$ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড	+	HCl হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	=	$NaCl$ সোডিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)	+	H_2O জল

ক্ষার বা অ্যালকালি (alkali) : **এক বিশেষ শ্রেণীর ক্ষারকের নাম ক্ষার বা অ্যালকালি। হাইড্রক্সাইড জাতীয় যে সমস্ত ক্ষারক জলে দ্রবীভূত হয় তাহাদের বলা হয় ক্ষার বা অ্যালকালি।** কষ্টিক সোডা ($NaOH$), কষ্টিক পটাস (KOH), এবং ক্যালশিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$] এরূপ ক্ষারের উদাহরণ।

অ্যামোনিয়া (NH_3) একটি যৌগিক পদার্থ এবং একটি **যৌগ-মূলক** (radical) গঠন করে। এই মূলকের নাম **অ্যামোনিয়াম** এবং ফর্মুলা—NH_4 ; এই অ্যামোনিয়াম-মূলক রাসায়নিক ধর্মে ধাতুর ন্যায় এবং পজেটিভ-ধর্মী। তাই অ্যামোনিয়াম-মূলকও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম (Na বা K) ইত্যাদি ধাতুর ন্যায় হাইড্রক্সাইড গঠন করে। এরূপ হাইড্রক্সাইডের নাম—অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH)। ইহা (NH_4OH) জলে দ্রবণীয় এবং একটি মৃদু ক্ষার।

ক্ষার ও ক্ষারক বা বেস ও অ্যালকালি

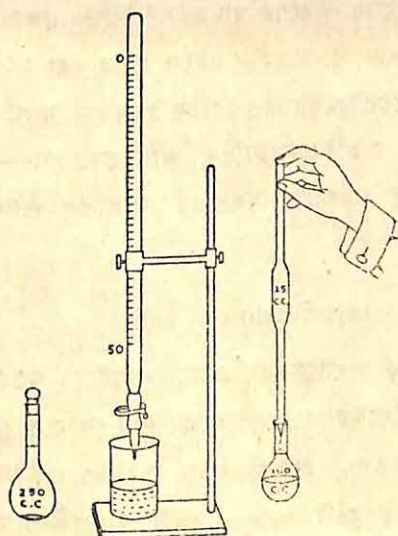
ধাতুর অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড,—উভয়েই ক্ষারক বা বেস। কিন্তু যে-ক্ষারক জলে দ্রবণীয় তাহাই ক্ষার বা অ্যালকালি। সুতরাং বলা যায়, **সব ক্ষার বা অ্যালকালিই ক্ষারক বা বেস কিন্তু সব ক্ষারক বা বেস অ্যালকালি** নয়। ক্ষারের মধ্যে কষ্টিক সোডা ($NaOH$) ও কষ্টিক পটাস (KOH) **তীব্র ক্ষার** (strong alkali) কিন্তু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড

(NH_4OH) ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$] **মৃদু ক্ষার** (weak alkali)। MgO, CaO ইত্যাদি ক্ষারকের উদাহরণ।

ক্ষারের ধর্ম ঃ ক্ষার বা অ্যালকালি হাইড্রক্সাইড জাতীয় যৌগিক পদার্থ, (ii) ক্ষার বা অ্যালকালি জলে দ্রবণীয়, (iii) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ স্পর্শে সাবানের মত পিচ্ছিল, (iv) ক্ষারের জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে নীল হইয়া যায়, এবং মিথাইল অরেঞ্জ দ্রবণ হলুদ করে, (v) ক্ষার অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যাসিডকে নিষ্ক্রিয় করিয়া দেয় এবং লবণ ও জল তৈরী করে, এবং (vi) ক্ষার বা অ্যালকালি ত্বক বা অন্যান্য জৈব পদার্থ ক্ষয় করে, (vii) ক্ষারীয় ধাতু ছাড়া অন্যান্য ধাতুর লবণ হইতে হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। (viii) জলীয় দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন (OH-) থাকে। [৩য় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।]

পরীক্ষা ঃ 1. এক ফোঁটা কষ্টিক সোডা দ্রবণ আঙুলে লাগাও। দেখিবে, ক্ষার সাবানের মত পিচ্ছিল।

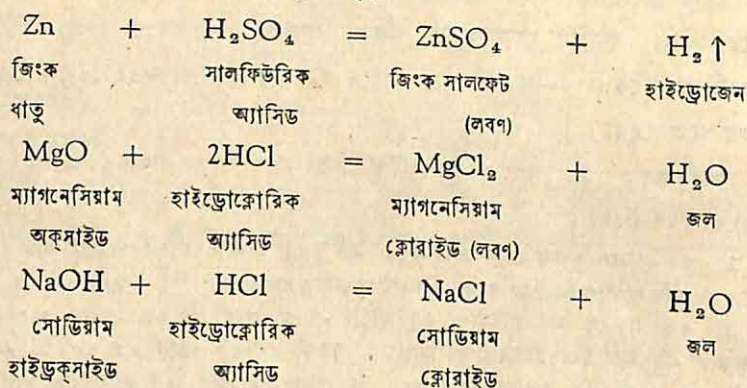
2. পরীক্ষা-নলে কষ্টিক সোডা দ্রবণ লও। এক টুকরা লাল লিটমাস কাগজ এই ক্ষার দ্রবণে ডুবাও। দেখিবে, লাল লিটমাস কাগজ নীল হইয়া যাইবে।

3. এক বীকারে অল্প পরিমাণে লঘু কষ্টিক সোডা দ্রবণ লও এবং তাহার মধ্যে জল মিশাও। এই ক্ষার দ্রবণে লিটমাস রঙ মিশাও। দ্রবণটি দেখিতে হইবে নীল বর্ণের। একটি ব্যুরেট লও ও ধারকের সাহায্যে ফিট কর। ব্যুরেটের মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ভর। এখন ব্যুরেটের ছিপি খুলিয়া ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ব্যুরেটের অ্যাসিড বীকারের কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে ফেলিতে থাক। কিছুক্ষণের মধ্যেই ক্ষার দ্রবণ ফিকা হইয়া যখনই বেগুনী রঙ ধারণ করিবে তখনই অ্যাসিডের ফোঁটা ফেলা বন্ধ কর। অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ার লবণ ও জল তৈরী হওয়ার ফলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হইয়াছে। অর্থাৎ, এই দ্রবণে এখন অ্যাসিডও নাই, ক্ষারও নাই,—আছে শুধু লবণ ও জল। এই বেগুনী দ্রবণে দু'এক ফোঁটা অ্যাসিড ফেল, অতিরিক্ত অ্যাসিড পড়ামাত্র তরলে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পাইবে এবং বীকারের সমস্ত তরলের রঙ লাল হইয়া যাইবে।

ক্ষার প্রশমনের পরীক্ষা

লবণ বা সল্ট (Salt)

লবণ বলিতে সাধারণত বোঝা যায় খাওয়ার লবণ তথা সোডিয়াম ক্লোরাইড—NaCl ; কিন্তু রাসায়নিক অর্থে লবণ বলিতে বোঝায় এক বিশেষ শ্রেণীর যৌগিক পদার্থ এবং এরূপ লবণের সংখ্যাও অগণিত।

লবণ (salt) ঃ **অ্যাসিডের হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা আংশিক বা পূর্ণত প্রতিস্থাপিত হইয়া যে যৌগ গঠন করে তাহাকে বলা হয় সল্ট বা লবণ। অ্যাসিড এবং ধাতু, ক্ষার বা ক্ষারকের বিক্রিয়ায় লবণ গঠিত হয়।**

Zn	+	H_2SO_4	=	$ZnSO_4$	+	$H_2\uparrow$
জিংক ধাতু		সালফিউরিক অ্যাসিড		জিংক সালফেট (লবণ)		হাইড্রোজেন
MgO	+	$2HCl$	=	$MgCl_2$	+	H_2O
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড (লবণ)		জল
$NaOH$	+	HCl	=	$NaCl$	+	H_2O
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		সোডিয়াম ক্লোরাইড		জল

বিভিন্ন ধাতুর ও বিভিন্ন অ্যাসিডের লবণের স্বাদ ও বর্ণ বিভিন্ন রকম। লবণের স্বাদ নোনতা, মিষ্টি, কটু, তিক্ত বা স্বাদহীন হইতে পারে এবং বর্ণও নানারকম হইতে পারে। বিভিন্ন লবণের দ্রবণীয়তাও বিভিন্ন রকম। যে-লবণ আমরা খাই তাহা সোডিয়াম ধাতু ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের লবণ—সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ; এই লবণকে বলা হয় **সাধারণ লবণ** (common salt)।

লবণের গঠন ও শ্রেণীবিভাগ (Classification of salts)

লবণ গঠিত হয় অ্যাসিড ও ধাতু বা বেসের বিক্রিয়ায়। লবণের অণুর, কাঠামো অ্যাসিডের অনুরূপ। অ্যাসিডের হাইড্রোজেনের স্থান কোন ধাতু-দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে লবণ তৈরী হয়। সুতরাং লবণে অ্যাসিড মূলকের অংশ অবিকৃত থাকে। লবণের তাই দুইটি অংশ,—একটি **পজেটিভ** বা **বেসিক** তথা **ক্ষারকীয় মূলক** (positive or basic radical) এবং অপরটি **নেগেটিভ** অথবা **অ্যাসিড মূলক** (negative or acid radical).

লবণের শ্রেণীবিভাগ করা হয় অ্যাসিডের পরিচয় এবং নাম দেওয়া হয় ধাতব ও অ্যাসিড মূলকের যুক্ত নামে। যথা :

অ্যাসিড	**লবণের শ্রেণী**	**লবণ**
হাইড্রোক্লোরিক (HCl)	ক্লোরাইড মূলক (Cl)	সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)
„ „	„ „	ক্যালসিয়াম „ ($CaCl_2$)
„ „	„ „	অ্যালুমিনিয়াম „ ($AlCl_3$)
নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)	নাইট্রেট মূলক (NO_2)	পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3)
„ „	„ „	লেড „ [$Pb(NO_3)_2$]
„ „	„ „	ফেরিক „ [$Fe(NO_3)_3$]
সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)	সালফেট মূলক(SO_4)	সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4)
„ „	„ „	ক্যালসিয়াম „ ($CaSO_4$)
„ „	„ ,	অ্যালুমিনিয়াম „ [$Al_2(SO_4)_3$]
কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3)	কার্বনেট মূলক (CO_3)	সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)
„ „	„ „	ক্যালসিয়াম „ ($CaCO_3$)
„ „	„ „	আয়রন (ফেরাস) „ ($FeCO_3$)
হাইড্রোসালফিউরিক (H_2S)	সালফাইড মূলক (S)	সোডিয়াম সালফাইড (Na_2S)
„ „	„ „	কপার „ (CuS)
„ „	„ „	আয়রন „ (FeS)
ফসফরিক (H_3PO_4)	ফসফেট মূলক (PO_4)	সোডিয়াম ফসফেট (Na_3PO_4)
„ „	„ „	ক্যালসিয়াম „ [$Ca_3(PO_4)_2$]
„ „	„ „	অ্যালুমিনিয়াম „ ($AlPO_4$)
সালফিউরাস (H_2SO_3)	সালফাইট মূলক (SO_3)	সোডিয়াম সালফাইট(Na_2SO_3)
„ „	„ „	ক্যালসিয়াম „ ($CaSO_3$)
নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2)	নাইট্রাইট মূলক (NO_2)	সোডিয়াম নাইট্রাইট ($NaNO_2$)
„ „	„ „	ম্যাগনেসিয়াম ,, [$Mg(NO_2)_2$]

উল্লিখিত লবণ ছাড়া অন্যান্য অজৈব অ্যাসিডেও লবণ বর্তমান। যথা : হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের (HBr) লবণ—ব্রোমাইড (KBr, $PhBr_2$); হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের (HI) লবণ, পটাসিয়াম বা লেড আয়োডাইড (KI, PbI_2); সিলিসিক অ্যাসিডের (H_2SiO_3) লবণ ক্যালসিয়াম সিলিকেট $CaSiO_3$); ক্রোমিক অ্যাসিডের (H_2CrO_4) লবণ পটাসিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4); পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিডের ($HMnO_4$) লবণ, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) ইত্যাদি।

শমিত লবণ, অ্যাসিড ও ক্ষারকীয় লবণ
(Normal, Acid and Basic salts)

হাইড্রোক্লোরিক (HCl) ও নাইট্রিক অ্যাসিডের (HNO_3) ন্যায় যে অ্যাসিডের অণুতে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু (H) বর্তমান সেই অ্যাসিড শুধু এক রকম লবণ গঠন করে; কিন্তু যে-অ্যাসিডে দুই বা তার বেশী হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান সেই অ্যাসিডের একাধিক রকম লবণ গঠিত হয়। সারফিউরিক (H_2SO_4), কার্বনিক (H_2CO_3) বা ফসফরিক (H_3PO_4) অ্যাসিড সেই রকম অ্যাসিড। ইহাদের হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে বা আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতব মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে পারে,

1. **শমিত লবণ বা নর্ম্যাল সল্ট** (normal salt): **ধাতু বা ধাতব মূলকদ্বারা অ্যাসিডের হাইড্রোজেন সম্পূর্ণভাবে প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ গঠিত হয় সেই লবণকে শমিত লবণ বা নর্ম্যাল সল্ট অথবা সাধারণত শুধু লবণ বলা হয়।**

যথা: NaCl, NH_4Cl, $CaSO_4$, $CaCO_3$, Na_3PO_4 ইত্যাদি।

2. **অ্যাসিড লবণ** (acid salt): **যে অ্যাসিডে একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান সেইরূপ অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আংশিকভাবে ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ তৈরী হয় তাহাকে অ্যাসিড লবণ বলা হয়।**

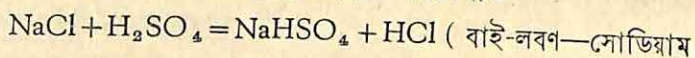
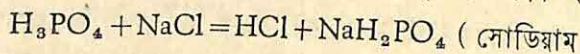
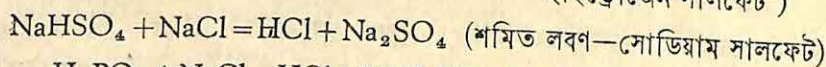
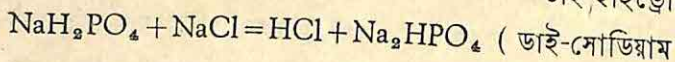
যথা: $NaHCO_3$ (সোডিয়াম বাই-কার্বনেট), NH_4HSO_4 (অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট), $Ca(HCO_3)_2$ (ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট), Na_2HPO_4 (ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট), $MgHPO_4$ (ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট) ইত্যাদি। বিক্রিয়া:

$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (বাই-লবণ—সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট)

$NaHSO_4 + NaCl = HCl + Na_2SO_4$ (শমিত লবণ—সোডিয়াম সালফেট)

$H_3PO_4 + NaCl = HCl + NaH_2PO_4$ (সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট)

$NaH_2PO_4 + NaCl = HCl + Na_2HPO_4$ (ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট)

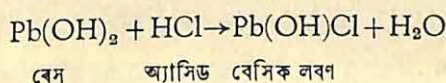
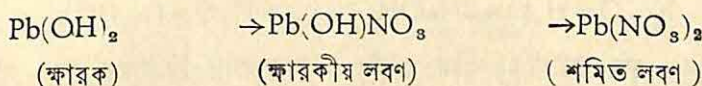
$Na_2HPO_4 + NaCl = HCl + Na_3PO_4$ (সোডিয়াম ফসফেট—শমিত লবণ)

3. ক্ষারকীয় লবণ বা বেসিক সল্ট (Basic Salt)

অ্যাসিড ও ক্ষারক বা বেসের বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ ক্ষারক প্রয়োজন তাহার চেয়ে যদি অতিরিক্ত বেস বা ক্ষারক ব্যবহৃত হইয়া লবণ গঠিত হয় তবে সেই লবণকে বলা হয় ক্ষারকীয় লবণ বা বেসিক সল্ট (basic salt)

$Pb(OH)_2 \rightarrow Pb(OH)NO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2$

(ক্ষারক) (ক্ষারকীয় লবণ) (শমিত লবণ)

$Pb(OH)_2 + HCl \rightarrow Pb(OH)Cl + H_2O$

বেস অ্যাসিড বেসিক লবণ

$2PbCO_3, Pb(OH)_2$ (বেসিক লেড কার্বনেট) এবং $CuCO_3, Cu(OH)_2$ (বেসিক কপার কার্বনেট) ইত্যাদি লবণগুলিও বেসিক বা ক্ষারক লবণের উদাহরণ।

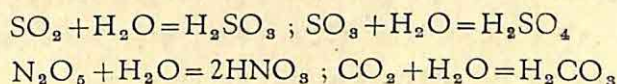
অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ প্রস্তুতির মূল রাসায়নিক নীতি

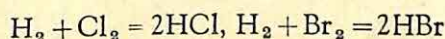
(Chemical principles of preparations of acid, base and salt)

1. অ্যাসিড প্রস্তুতির সাধারণ পদ্ধতি (Principles of acid preparations) :

(i) অ্যাসিডিক অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় অ্যাসিড গঠিত হয়। যথা :

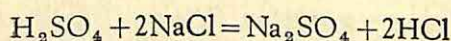
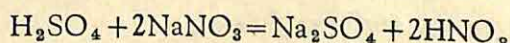
$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$; $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$; $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

(ii) মূল উপাদানের প্রত্যক্ষ সংযোগে বিশেষ করিয়া হাইড্রাসিডগুলি তৈরী করা যায়। যথা :

$H_2 + Cl_2 = 2HCl, H_2 + Br_2 = 2HBr$

(iii) নিম্নতর উদ্বায়ী অ্যাসিড উচ্চতর উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণ হইতে উচ্চতর অ্যাসিড উৎপন্ন করিতে পারে। যথা :

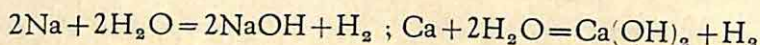
$H_2SO_4 + 2NaCl = Na_2SO_4 + 2HCl$

(কম উদ্বায়ী) (বেশি উদ্বায়ী)

$H_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2HNO_3$

(কম উদ্বায়ী) (বেশি উদ্বায়ী)

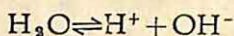
3. (*a*) **ক্ষার প্রস্তুতি** (Preparation of alkali)

(i) ক্ষারীয় ধাতু (Na, K, Ca ইত্যাদি) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্ষার গঠন করে। যথা :

$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$; $Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$

(ii) ক্ষারীয় ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় ক্ষার তৈরী হয়. যথা : $Na_2O+H_2O=2NaOH$; $CaO+H_2O=Ca(OH)_2$

(iii) মৃদু অ্যাসিডের তীব্র ক্ষারীয় লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণে ক্ষার গঠিত হয়। যথা $Na_2CO_3+2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH+H_2CO_3$

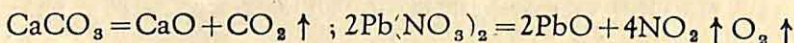
(iv) ক্ষারীয় ধাতুর লবণ দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্ষার গঠিত হয়। যথা : $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ $Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

[(iii) ও (iv) পদ্ধতি তৃতীয় খণ্ড পঠনের পরে অনুধাবনযোগ্য ।)

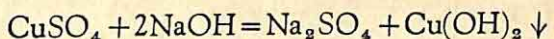
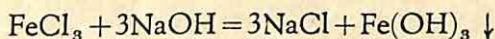
2. (*b*) **ক্ষারক প্রস্তুতি** (Preparation of base) :

(i) বায়ু বা অক্সিজেনে ধাতু দহনের ফলে ধাতুর অকসাইড বা ক্ষারক তৈরী হয়। যথা : $2Mg+O_2=2MgO$; $2Zn+O_2=2ZnO$

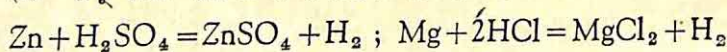
(ii) ধাতব নাইট্রেট ও কার্বনেট উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে ধাতব অকসাইড বা ক্ষারক তৈরী হয়। যথা :

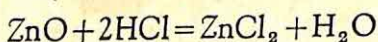
$CaCO_3=CaO+CO_2\uparrow$; $2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2\uparrow O_2\uparrow$

(iii) ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে কষ্টিক ক্ষারের সাহায্যে ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করিয়া ক্ষারক তৈরী করা যায়। যথা :

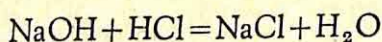
$FeCl_3+3NaOH=3NaCl+Fe(OH)_3\downarrow$

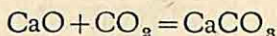
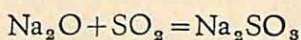
$CuSO_4+2NaOH=Na_2SO_4+Cu(OH)_2\downarrow$

3. **লবণ প্রস্তুতির পদ্ধতি** (Preparation of salts) :

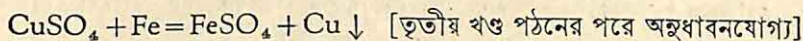
(i) ধাতু দ্বারা অ্যাসিডের হাইড্রোজেন্ প্রতিস্থাপন :

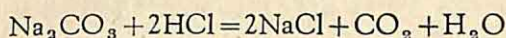
$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$; $Mg+2HCl=MgCl_2+H_2$

(ii) লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে ক্ষারকের বিক্রিয়ায় :

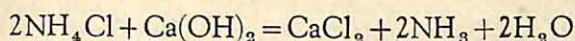
$ZnO+2HCl=ZnCl_2+H_2O$

(iii) ক্ষারের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় :

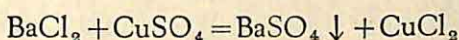
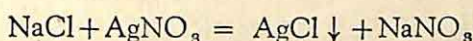
$NaOH+HCl=NaCl+H_2O$

(iv) ক্ষারক তথা ধাতব অক্সাইড ও অ্যাসিডিক অক্সাইডের বিক্রিয়ায় :

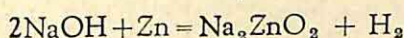
$$Na_2O + SO_2 = Na_2SO_3$$
$$CaO + CO_2 = CaCO_3$$

(v) উচ্চতর ইলেক্ট্রোপজেটিভ ধাতুদ্বারা নিম্নতর তড়িৎ-মাত্রার ধাতুকে ইহার লবণ দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করিয়া :

$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu \downarrow$ [তৃতীয় খণ্ড পঠনের পরে অনুধাবনযোগ্য]

(vi) অ্যাসিডের লবণের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় ভিন্ন ধরনের লবণ গঠন :

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$$
$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

(vii) একপ্রকার লবণের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়ায় ভিন্ন জাতীয় লবণ গঠন :

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O$$

(viii) দুই রকম ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় নতুন ধরনের লবণ গঠন :

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + NaNO_3$$
$$BaCl_2 + CuSO_4 = BaSO_4 \downarrow + CuCl_2$$

(ix) লেড, জিংক ও অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে ঘন ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়ায় :

$$2NaOH + Zn = Na_2ZnO_2 + H_2$$

(সোডিয়াম জিংকেট)

প্রশ্ন

1. টীকা লিখ (Short notes)—(a) অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ ; (b) অ্যাসিড লবণ ও ক্ষারকীয় লবণ ; (c) আর্দ্রবিশ্লেষণ। উপযুক্ত উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা কর। [H. S. Exam. (Compart.) 1960]

2. শমিত লবণ কাহাকে বলে ? 'ক্ষার মাত্রেই ক্ষারক কিন্তু সকল ক্ষারক ক্ষার নহে'—এই উক্তিটি উদাহরণ দ্বারা ব্যাখ্যা কর। অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণের ধর্ম বিবৃত কর।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড

পরিচয় ঃ হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুইরকম অক্সাইড গঠন করে। একটি অক্সাইডকে বলা হয় **হাইড্রোজেন মনক্সাইড বা জল**—যাহার ফর্মুলা H_2O এবং অপর অক্সাইডটিকে বলা হয় **হাইড্রোজেন পারক্সাইড** (Hydrogen peroxide) ; ইহার ফর্মুলা H_2O_2 ।

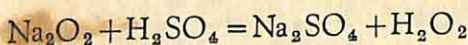
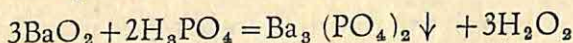
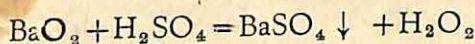
1808 খ্রীষ্টাব্দে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রথম আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী **থেনার্ড** (Thenard)। তিনি ইহার নাম দেন **অক্সিজেন সংযোজিত জল** (oxygenated water) এবং ইহার ফর্মুলা স্থির করেন—H_2O_2 ; গঠন ঃ H–O–O–H, তাই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের আণবিক ওজন স্থির হয় $2\times1+16\times2=34$.

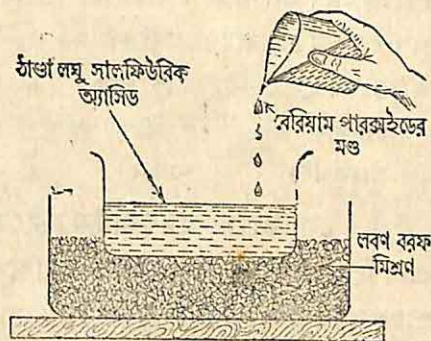
প্রস্তুতির মূল রাসায়নিক নীতি (Chemical principle of preparation) বেরিয়াম পারক্সাইড (BaO_2) বা সোডিয়াম পারক্সাইড (Na_2O_2) এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরিক অ্যাসিড ক্রিয়ান্বিত হইলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ায় উভয় বিকারককে প্রায় **হিমশীতল তাপাংকে** রাখা প্রয়োজন। উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইড নিম্নচাপে পাতিত করিয়া সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়া :

বিজ্ঞানী থেনার্ড

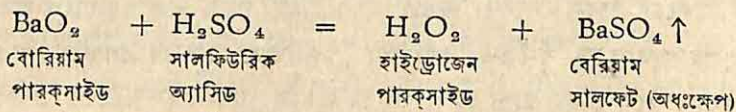
$$BaO_2+H_2SO_4=BaSO_4\downarrow+H_2O_2$$

$$3BaO_2+2H_3PO_4=Ba_3(PO_4)_2\downarrow+3H_2O_2$$

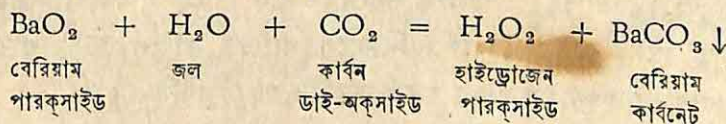
$$Na_2O_2+H_2SO_4=Na_2SO_4+H_2O_2$$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) : রসায়নাগারে বেরিয়াম পারক্সাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

একটি বীকারে অল্প পরিমাণ জলে সিক্ত করিয়া বেরিয়াম পারক্সাইডের সজল লেই (paste) তৈরী করা হয়। আরেকটি বীকারে লওয়া হয় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড। এই বীকার দুইটিকে হিম-মিশ্রণের (বরফ+লবণ) উপর বসাইয়া হিম-শীতল (0°C) করা হয়। এই হিম-শীতল বেরিয়াম পারক্সাইড হিম-শীতল সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ধীরে ধীরে ঢালা হয়। মিশ্রণে শেষ পর্যন্ত অতিরিক্ত অ্যাসিড রাখিতে হইবে। কাচের রড দিয়া মিশ্রণটি আলোড়িত করা হয়। বেরিয়াম পারক্সাইডের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ও বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। বেরিয়াম সালফেট অদ্রাব্য ও দেখিতে সাদা। ইহা অধঃক্ষিপ্ত হইয়া তলায় পড়ে। উপরের তরলটি ফিলটার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। এই পরিস্রুত তরলটিই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ। বিক্রিয়াটি এইভাবে ঘটে :

হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতি

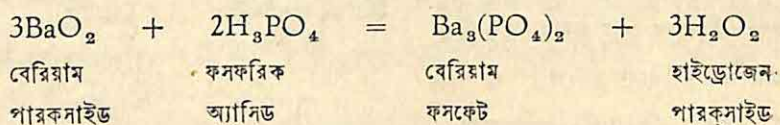
$$BaO_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + BaSO_4 \uparrow$$

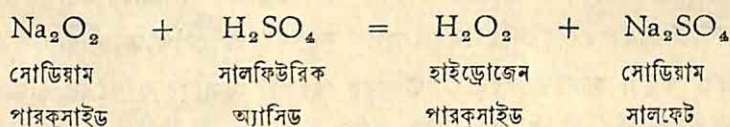
বোরিয়াম পারক্সাইড	সালফিউরিক অ্যাসিড	হাইড্রোজেন পারক্সাইড	বেরিয়াম সালফেট (অধঃক্ষেপ)

প্রস্তুতির অন্যান্য উপায় : **1.** একটি পাত্রে বেরিয়াম পারক্সাইড পাউডার ও জল মিশ্রিত করা হয়। বেরিয়াম পারক্সাইড-মিশ্রিত জলের পাত্রটি হিম-মিশ্রণের উপরে বসাইয়া শীতল (0°C) করিয়া এই শীতল মিশ্রণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালানো হয়। বেরিয়াম পারক্সাইডের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয় ও বেরিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = H_2O_2 + BaCO_3 \downarrow$$

বেরিয়াম পারক্সাইড	জল	কার্বন ডাই-অক্সাইড	হাইড্রোজেন পারক্সাইড	বেরিয়াম কার্বনেট

বোরিয়াম কার্বনেট অদ্রবণীয় অধঃক্ষেপ রূপে নিচে পড়ে। ইহা ছাঁকিবার পরে যে স্বচ্ছ তরল পাওয়া যায় তাহাই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ।

2. সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অনেক সময় ফস্‌ফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থায়িত্ব কম। ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে ইহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। হিম-শীতল বেরিয়াম পারক্সাইড ও কিছুটা অতিরিক্ত হিম-শীতল ফস্‌ফরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে তরল হাইড্রোজেন পারক্সাইড গঠিত হয় তাহার মধ্যে সামান্য পরিমাণে ফস্‌ফরিক অ্যাসিড থাকিয়া যায়। বিক্রিয়া :

$3BaO_2$	+	$2H_3PO_4$	=	$Ba_3(PO_4)_2$	+	$3H_2O_2$
বেরিয়াম পারক্সাইড		ফসফরিক অ্যাসিড		বেরিয়াম ফসফেট		হাইড্রোজেন পারক্সাইড

3. **সোডিয়াম পারক্সাইড হইতে** (From sodium peroxide) : প্রায় হিম-শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পরিমিত মাত্রায় সোডিয়াম পারক্সাইড (Na_2O_2) মিশাইয়া 30% মাত্রার হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

Na_2O_2	+	H_2SO_4	=	H_2O_2	+	Na_2SO_4
সোডিয়াম পারক্সাইড		সালফিউরিক অ্যাসিড		হাইড্রোজেন পারক্সাইড		সোডিয়াম সালফেট

শীতল দ্রবণে সোডিয়াম সালফেট অধিকাংশ পরিমাণে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে এবং উপরের তরল ছাঁকিয়া লওয়া হয়। এই তরল নিম্ন বায়ু-চাপে অর্থাৎ অনুপ্রেষ পদ্ধতিতে পাতিত করা হয়। পাতিত তরলের শেষাংশ সংগ্রহ করিয়া বোতলে ভরিয়া রাখা হয়। 30% হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণকে বলা হয় **মার্কের পারহাইড্রল** (Merck's Perhydrol)।

আধুনিক তড়িৎ-বিশ্লেষণ (by electrolysis) পদ্ধতি

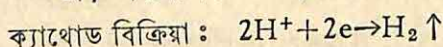
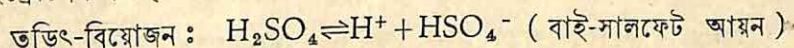
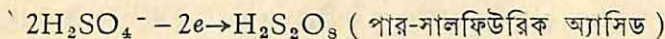
(i) 50% তীব্রতার হিমশীতল সালফিউরিক অ্যাসিড তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিয়া বর্তমানে বৃহদায়তনে (large scale) হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা হয়। তড়িদ্‌বিশ্লেষণে পাত্রের অ্যানোডে পার-সালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_8$) তৈরী হয়। অতঃপর অ্যানোডে সঞ্চিত এই পার-সালফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত মিশাইয়া নিম্নচাপে পাতিত করিলে 30% শক্তির হাইড্রোজেন পারক্সাইড গ্রাহক পাত্রে সংগৃহীত হয়। বিক্রিয়া :

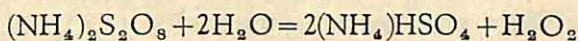
তড়িৎ-বিয়োজন : $H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$ (বাই-সালফেট আয়ন)

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $2H^+ + 2e \rightarrow H_2 \uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া :

$2H_2SO_4^- - 2e \rightarrow H_2S_2O_8$ (পার-সালফিউরিক অ্যাসিড)

$$H_2S_2O_8 + 2H_2O \xrightarrow{\text{আর্দ্র-বিশ্লেষণ}} H_2O_2 + 2H_2SO_4$$

(ii) অ্যামোনিয়াম বাই-সালফেট (NH_4HSO_4) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করিলে অ্যামোনিয়াম পার-সালফেট $(NH_4)_2S_2O_8$ তৈরী হয়। ইহা জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া পুনরায় অ্যামোনিয়াম বাইসালফেট ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী হয়। এই মিশ্র-দ্রবণ নিম্নচাপে পাতিত করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইড গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। যথা :

$$(NH_4)_2S_2O_8 + 2H_2O = 2(NH_4)HSO_4 + H_2O_2$$

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি বর্ণহীন স্বচ্ছ তরল পদার্থ। ঘন স্তরে এই তরলের মধ্যে একটি নীল আভা দেখা যায় ; (ii) এই তরল সিরাপের মত ঘন এবং 0°C উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব 1·46 ; ইহার হিমাংক—0·89°C এবং 68 মিলিমিটার চাপে স্ফুটনাংক 84°C ; স্বাভাবিক চাপে ইহার স্ফুটনাংক 151°C, (iv) ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় তীব্র গন্ধ আছে এবং ইহা স্বাদে কটু। (v) হাইড্রোজেন পারক্সাইড জলের চেয়ে কম উদ্বায়ী এবং জলের মধ্যে ইহাকে যে-কোন পরিমাণে দ্রবীভূত করা যায়। ইহা জৈব তরল ইথার ও অ্যালকোহলের সঙ্গেও মিশানো যায়। (iv) ইহা গায়ে পড়িলে ক্ষত সৃষ্টি করে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **স্থায়িত্ব** (stability) : হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি তাপগ্রাহী (endothermic) যৌগ। ইহা জলের মত স্থায়ী পদার্থ নয়। স্বাভাবিক তাপাংকে ইহার স্থায়িত্ব কম। হিম-শীতল তাপাংকে (0°C) ইহার স্থায়িত্ব বেশি। ইহা তাপে আলোক-রশ্মিপাতে, অমসৃণ পদার্থ এবং সোনা, প্লাটিনাম, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের (MnO_2) বা ক্ষারের সংস্পর্শে ভাঙ্গিয়া গিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{হাইড্রোজেন পারক্সাইড}}{2H_2O_2} = \underset{\text{জল}}{2H_2O} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

151°C তাপাংকে দ্রুত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিস্ফোরণের আকারে অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পরূপে ফাটিয়া পড়ে।

স্থায়িত্ব বৃদ্ধি ও সংরক্ষণ (Preservation) : অল্প পরিমাণে ফস্‌ফরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা গ্লিসারিনের উপস্থিতিতে ইহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায় বলিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সংরক্ষণের জন্য এরূপ পদার্থ ব্যবহার করা হয়।

(i) **জলীয় দ্রবণ** (Solution in water) : জলের সঙ্গে মিশাইলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না শুধু জলীয় দ্রবণ তৈরী হয় ; এরূপ বিশুদ্ধ জলীয় দ্রবণ তরল বা কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ইথারের হিম-মিশ্রণে অতি শীতল করিয়া উহার স্ফটিক ($H_2O_2, 2H_2O$) তৈরী করা যায়।

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম** (Acid property) : লঘু অবস্থায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি নিরপেক্ষ বা শমিত (neutral) পদার্থ, কিন্তু ঘন অবস্থায় ইহার মধ্যে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। তাই, ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস কাগজ লাল হইয়া যায়।

জারণ ও বিজারণ ধর্ম

(Oxidising and reducing property)

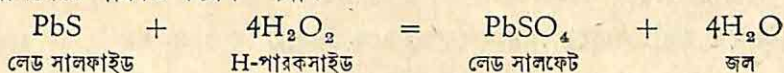
হাইড্রোজেন পারক্সাইডের একই সঙ্গে জারণ ও বিজারণ ক্ষমতা বর্তমান। ইহা হাইড্রোজেন পারক্সাইডের একটি বৈশিষ্ট্য।

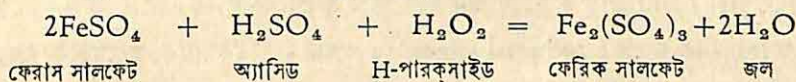
(i) **জারণ-ক্ষমতা** (Oxidising property) : হাইড্রোজেন পারক্সাইডের মধ্যে প্রবল জারণ ক্ষমতা বর্তমান। হাইড্রোজন পারক্সাইড হইতে যে অক্সিজেন নির্মুক্ত হয় সেই সদ্যোজাত অক্সিজেন সহজেই অন্য পদার্থ জারিত করিতে পারে। যথা : $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$

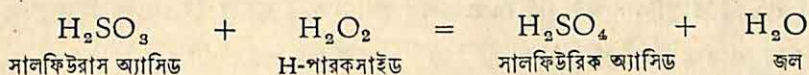
(ক) ইহা বর্ণহীন অ্যাসিড মিশ্রিত পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ হইতে বেগুনী রঙের আয়োডিন (I) নির্মুক্ত করিয়া পটাশিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে জারিত করে। যথা :

$$\underset{\text{H-পারক্সাইড}}{H_2O_2} + \underset{\text{পটাসিয়াম আয়োডাইড}}{2KI} + 2HCl = \underset{\text{পটাসিয়াম ক্লোরাইড}}{2KCl} + \underset{\text{আয়োডিন}}{I_2} + 2H_2O$$

(খ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে। যথা :

$$\underset{\text{লেড সালফাইড}}{PbS} + \underset{\text{H-পারক্সাইড}}{4H_2O_2} = \underset{\text{লেড সালফেট}}{PbSO_4} + \underset{\text{জল}}{4H_2O}$$

(গ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড অ্যাসিড দ্রবণে ফেরাস সালফেটকে ($FeSO_4$) ফেরিক সালফেটে $Fe_2(SO_4)_3$ পরিণত করে। যথা :

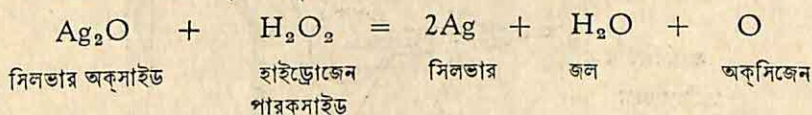
$$\underset{\text{ফেরাস সালফেট}}{2FeSO_4} + \underset{\text{অ্যাসিড}}{H_2SO_4} + \underset{\text{H-পারক্সাইড}}{H_2O_2} = \underset{\text{ফেরিক সালফেট}}{Fe_2(SO_4)_3} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

(ঘ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড সালফিউরাস অ্যাসিডকে (H_2SO_3) সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) পরিণত করে।

$$\underset{\text{সালফিউরাস অ্যাসিড}}{H_2SO_3} + \underset{\text{H-পারক্সাইড}}{H_2O_2} = \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

(ii) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) : শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিজারণ-ক্ষমতাও বর্তমান।

(ক) অ্যাসিড মিশ্রিত বেগুনী রঙের পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইলে দ্রবণের রঙ বর্ণহীন হইয়া বিজারিত হয়। যথা : $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2$

$$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(খ) সিলভার অক্সাইডের (Ag_2O) সঙ্গে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইলে সিলভার মুক্ত ধাতুরূপে (Ag) পৃথক হইয়া যায়। যথা :

$$\underset{\text{সিলভার অক্সাইড}}{Ag_2O} + \underset{\text{হাইড্রোজেন পারক্সাইড}}{H_2O_2} = \underset{\text{সিলভার}}{2Ag} + \underset{\text{জল}}{H_2O} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O}$$

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতি

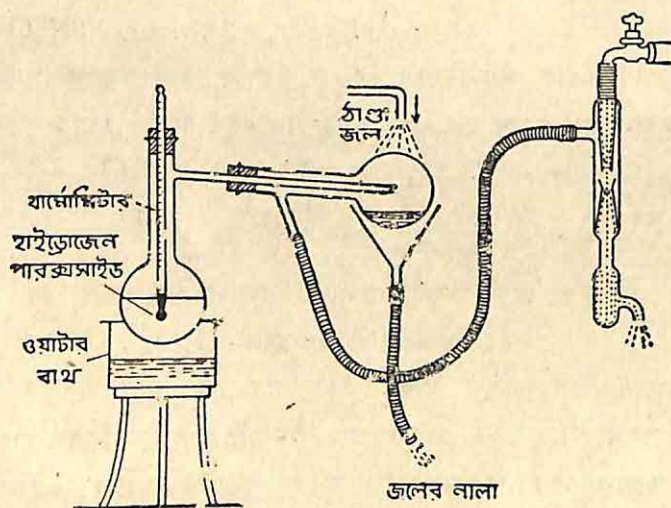
(Preparation of pure H_2O_2)

সাধারণ হাইড্রোজেন পারক্সাইডে সব সময় জল মিশ্রিত থাকে। হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে জল অপসারিত করিয়া বিশুদ্ধ পারক্সাইড তৈরী করা কষ্টসাধ্য। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা হয় এইভাবে :

(i) হাইড্রোজেন পারক্সাইড জলের চেয়ে কম উদ্বায়ী। স্বাভাবিক তাপে জলের স্ফুটনাংক 100°C, কিন্তু হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্ফুটনাংক 151°C. তাই, জল হাইড্রোজেন পারক্সাইডের চেয়ে আগে বাষ্প হইয়া

উবিয়া যায়। সেজন্য প্রথমে হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি বেসিনে ঢালিয়া ওয়াটার বাথ (waterbath) বা জলগাহের উপর বসাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে জলীয় হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে 60 শতাংশ পর্যন্ত ঘন করা যায়। এর বেশী ঘন করার চেষ্টা করা হইলে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ভাঙ্গিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়।

(ii) 100 ভাগ হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে যে 40 ভাগ জল থাকে তাহা নিম্ন চাপে (reduced pressure) অর্থাৎ পারক্সাইড দ্রবণের উপরের বায়ুর চাপ 15 মিলিমিটারে হ্রাস করিয়া জলকে বাষ্পায়িত করিয়া অপসারিত করা হয়। ন্যূন-চাপে এরূপ বাষ্পায়ন পদ্ধতির কয়েকবার পুনরাবৃত্তি করা হয়। [85°C তাপাংকে এবং 65 mm চাপে পাতিত করিয়াও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা যায়।]

এজন্য **অনুপ্রেষ পাতন** (Vacuum distillation) পন্থায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণ পাতিত করার প্রয়োজন হয়। (হাইড্রোজেন পারক্সাইডের উপর হইতে বায়ুর চাপ কিভাবে কমানো হয় নিম্নের চিত্রটি লক্ষ্য করিলেই তাহা বোঝা যাইবে।) ন্যূন-চাপে পাতিত এই হাইড্রোজেন পারক্সাইড 99·1 শতাংশ বিশুদ্ধ।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড ঘনীকরণ

(iii) এরূপ প্রায়-বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড শেষ পর্যায়ে **বায়ুশূন্য শোষকাধার** তথা **ভ্যাকুয়াম ডেসিকেটারে** (vacuum désiccator) ঘন

সালফিউরিক অ্যাসিডের উপরে বসাইয়া রাখা হয়। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বাকী জলকণা শুষিয়া লয়। নিম্ন তাপমাত্রায় অর্থাৎ—10°C তাপাংকে হিমায়িত করিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড কঠিনাকারেও তৈরী করা যায়। এইভাবে সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করা সম্ভব হয়।

সাধারণ কাজের জন্য বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহার করা হয় না। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারকসাইডের প্রয়োজন শুধু রাসায়নিক পরীক্ষার জন্য।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের শক্তি (Volume strength of H_2O_2): ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইড বাজারে বিক্রি করা হয় না। যে হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিক্রি হয় তাহাতে জল মিশ্রিত থাকে এবং বোতলের গায়ে শক্তি লেখা থাকে, 10-আয়তন, 20-আয়তন (20 Vol. strength) ইত্যাদি। ইহার অর্থ 1 c.c. 10-আয়তন H_2O_2 হইতে প্রমাণ বায়ু চাপ ও তাপে (N. T. P.) 10 c.c. আয়তনের অক্সিজেন নির্গত হয়। অর্থাৎ 10 c c. 10-আয়তন H_2O_2 হইতে (N. T. P-তে) অক্সিজেন পাওয়া যাইবে $=10\times10=100$ c.c.; কারণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে সহজেই অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়। যথা: $2H_2O_2=2H_2O=O_2\uparrow$

অর্থাৎ N. T. P-তে 68 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2O_2 হইতে 22·4 লিটার প্রমাণ অবস্থায় অক্সিজেন (O_2) উৎপন্ন হয়।

সনাক্তকরণ (Test) : (i) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাশিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) মিশাইলে আয়োডিন (I_2) পৃথক হয়। এই আয়োডিনের সংস্পর্শে বর্ণহীন স্টার্চ দ্রবণ নীলবর্ণে পরিণত হয়।

(ii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) মিশ্রিত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) মিশ্রিত করিলে বেগুনী রঙের পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায়।

ব্যবহার (Uses): হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহার করা হয়—(i) রসায়নাগারের জারক পদার্থরূপে, (ii] পুরানো তৈল-চিত্রের বর্ণ উদ্ধারের জন্য, (iii) ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত কারলে যে সমস্ত জিনিস ক্ষতিগ্রস্ত হয় সেরূপ জিনিস, যথা, সিল্ক, উল, পালক, চুল ইত্যাদি বিরঞ্জিত ও পরিষ্কার করার প্রয়োজনে, (iv) ডাক্তারীর কাজে ও জাবাণুনাশক (antiseptic wash) দ্রব্যরূপে, (v) এক প্রচণ্ড-বিস্ফোরণকারী তথা জেট পরিচালিত রকেট চালনার

জ্বালানীরূপে এবং (vi) যে সব দ্রব্য ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত করা হয় সেই বিরঞ্জিত ক্রিয়ার অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করার জন্য।

দ্রষ্টব্য ঃ BaO_2, Na_2O_2—ইহারা পারক্সাইড, যেহেতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহারা H_2O_2 উৎপাদন করে। MnO_2, PbO_2, NO_2—ইহারা পারক্সাইড নহে, কারণ, ইহারা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সক্রিয় হয় না, এবং ঘন অ্যাসিডের সহিত H_2O_2 উৎপাদন করে না, অক্সিজেন উৎপাদন করে মাত্র।

জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের তুলনা

(Comparison of the properties of water and hydrogen peroxide)

জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড উভয় যোগই তরল ও দেখিতে স্বচ্ছ এবং উভয়েই হাইড্রোজেনের অক্সাইড। তবুও এই অক্সাইড দুইটির ধর্ম সম্পূর্ণ রূপে আলাদা।

জল (হাইড্রোজেন মনক্সাইড)	হাইড্রোজেন পারক্সাইড
(i) বর্ণ, গন্ধ ও স্বাদহীন এবং স্বচ্ছ ও তরল।	(i) বর্ণহীন এবং স্বচ্ছ ও তরল। ধাতব কটুতা এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় গন্ধ বর্তমান।
(ii) হালকা তরল, ঘনত্ব—1 ইহা চামড়ায় কোন ক্ষত সৃষ্টি করে না।	(ii) সিরাপের মত ঘন তরল, ঘনত্ব 1·46, চামড়ায় ক্ষত সৃষ্টি করে।
(iii) বেশী উদ্বায়ী ঃ স্ফুটনাংক 100°C	(iii) জলের চেয়ে অনেক কম উদ্বায়ী। স্ফুটনাংক 151°C।
(iv) নিরপেক্ষ ও নিষ্ক্রিয় অক্সাইড। লিটমাস কাগজের বর্ণ জলের সংস্পর্শে অপরিবর্তিত থাকে।	(iv) ইহা অ্যাসিড-ধর্মী। নীল-লিটমাস কাগজ ইহার সংস্পর্শে লাল হইয়া যায়।
(v) জলের কোন জারণ বা বিজারণ ক্ষমতা নাই	(v) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রবল জারণ ক্ষমতা আছে।
(vi) তাপের প্রভাবে জল স্টীম হয়।	(vi) তাপ ও চাপের প্রভাবে হাইড্রোজেন পারক্সাইড জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$
(vii) জলের ফর্মুলা—H—O—H	(vii) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ফর্মুলা —H_2O_2 বা H—O—O—H

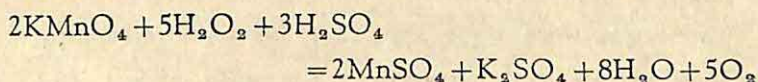
পরীক্ষা ঃ জল ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পার্থক্য ঃ

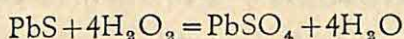
1. অ্যাসিড মিশ্রিত পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইয়া, এই মিশ্রণে স্টার্চ দ্রবণ মিশাইলে আয়োডিন নির্গত হইয়া স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণে রূপান্তরিত করিবে। কারণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড জারণধর্মী। যথা ঃ

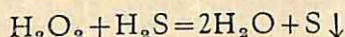
$$2KI+H_2O_2=2KOH+I_2$$

জলের সংস্পর্শে এরূপ বিক্রিয়া ঘটে না।

2. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইলে পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের বেগুনীবর্ণ বিজারণের ফলে বর্ণহীন হইবে। জলের সংস্পর্শে এরূপ ঘটে না।

$$2KMnO_4+5H_2O_2+3H_2SO_4$$
$$=2MnSO_4+K_2SO_4+8H_2O+5O_2$$

3. কালো লেড সালফাইডের উপরে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ঢালিলে ইহা সাদা লেড সালফেটে পরিণত হইবে। জলের সংস্পর্শে এরূপ বিক্রিয়া ঘটে না।

$$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$$

4. হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের মধ্য দিয়া H_2S গ্যাস চালাইলে অদ্রাব্য সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$H_2O_2+H_2S=2H_2O+S\downarrow$$

প্রশ্ন

1. হাইড্রোজেন পারক্সাইড কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয়? ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম এবং ব্যবহার বর্ণনা কর। লঘু হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ ওয়াটার বাথের উপর ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে?

[H. S. Exam. 1960]

2. BaO_2-কে বেরিয়াম পারক্সাইড বলা হয়, কিন্তু MnO_2-কে ম্যাংগানিজ ডাই-অক্সাইড বলা হয়, ম্যাংগানিজ পারক্সাইড বলা হয় না—ইহার হেতু কি? রসায়নাগারে কি প্রকারে হাইড্রোজেন পারক্সাইডে লঘু জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি করা হয় উহা বর্ণনা কর। দেখাও যে (a) হাইড্রোজেন

পারক্সাইড একটি জারক পদার্থ (সমীকরণ লিখ), (b) হাইড্রোজেন পারক্সাইড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়। [H. S. Exam. 1962]

3. কিরূপে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের লঘু, কিন্তু বিশুদ্ধ দ্রবণ তৈরী করিবে ? এই দ্রবণের সহিত জলের পার্থক্য সমীকরণসহ চারিটি পরীক্ষা দ্বারা বিশেষ ভাবে বুঝাইয়া দাও। [H. S. Exam. 1964]

4. কি প্রকারে খুব ঘন হাইড্রোজেন পারক্সাইড তৈরী করিবে ? (a) ইহার (i) জারণ, (ii) বিজারণ ক্ষমতার দুইটি করিয়া উদাহরণ দাও এবং (b) ইহার (i) পারক্সাইডীয় ধর্ম ও (ii) বিরঞ্জন ক্রিয়ার একটি করিয়া উদাহরণ দাও। [H. S. Exam. 1966]

5. কি ঘটিবে লিখ :—

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সহিত—(i) সিলভার অকসাইড নাড়িলে, (ii) প্লাটিনাম নাড়িলে, (iii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড নাড়িলে, (iv) লেড সালফাইড মিশাইলে, (v) সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইলে, (vi) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ মিশাইলে, (vii) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন ক্রিয়ান্বিত হইলে, এবং (viii) ফেরাস সালফেট ক্রিয়ান্বিত হইলে।

———

নাইট্রোজেনের যৌগ ঃ অ্যামোনিয়া

অ্যামোনিয়া (Ammonia)

সংকেত ঃ NH_3 ঃ আনবিক ওজন = 17

পরিচয় ঃ মধ্যযুগে এমন কি প্রাচীনকালের রসায়নীদের কাছে অ্যামোনিয়ার লবণের পরিচয় জানা ছিল। অ্যামোনিয়ার একটি লবণের নাম স্যাল অ্যামোনিয়াক (salammoniac)। খুব সম্ভবত এই কথাটির উৎপত্তি প্রাচীন মিসরের 'রা অ্যামন' দেবতার নাম হইতে। স্যাল অ্যামোনিয়াক বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) মিসর হইতে প্রথমে ইউরোপে আমদানী হয়। আগে অ্যামোনিয়া তৈরী করা হইত প্রধানত উটের মল পোড়াইয়া। পশুর খুর ও শিং পোড়াইয়াও অ্যামোনিয়া তৈরী করা হইত। ভারতেও অ্যামোনিয়ার লবণের সঙ্গে পরিচয় ছিল। স্যাল অ্যামোনিয়াক আমাদের দেশে **নিশাদল** নামে পরিচিত।

বিজ্ঞানী প্রিষ্টলী (Priestly) 1774 খ্রীষ্টাব্দে সর্বপ্রথমে একটি স্বতন্ত্র গ্যাসরূপে অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করেন এবং ইহার নাম দেন—ক্ষারীয় বায়ু বা অ্যালক্যালাইন এয়ার (alkaline air)। কারণ, অ্যামোনিয়া স্বাদে ও স্পর্শে ক্ষারের (alkali) ন্যায়। 1785 খ্রীষ্টাব্দে বার্থোলে প্রমাণ করেন যে, অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। বৃটিশ বিজ্ঞানী ডেভি (Davy) প্রথমে নির্ধারিত করেন যে অ্যামোনিয়ার ফর্মুলা—NH_3 ; অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন তাই $14+3\times1=17$.

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources) ঃ মল ও মূত্রাগার এবং গোশালা ও আস্তাবলের কাছ দিয়া যাওয়ার সময় অনেক ক্ষেত্রে একরকম ঝাঁঝালো গ্যাসে চোখ জ্বালা করে। এই গ্যাসটিই অ্যামোনিয়া। মল, মূত্র এবং পচা উদ্ভিদ ও জীবদেহের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়া তৈরী হয়। বায়ুমণ্ডলেও কিছু কিছু মুক্ত অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। জলে এবং মাটিতেও যৌগরূপে অ্যামোনিয়ার লবণ পাওয়া যায়। পশুর খুর, শিং ও হাড় এবং কয়লা বায়ুবদ্ধ পাত্রে উচ্চতাপে শুষ্ক পদ্ধতিতে পাতিত করিলেও প্রচুর অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

অ্যামোনিয়াম যৌগমূলক (Ammonium radical – NH_4) ঃ অ্যামোনিয়া (NH_3) যৌগ হইতে উদ্ভূত যে যৌগমূলকটি (NH_4) রাসায়নিক বিক্রিয়া ও লবণ গঠনের বিক্রিয়ায় একটি পজেটিভধর্মী ধাতব পরমাণুর ন্যায়

ব্যবহার করে এবং যাহা রাসায়নিক ধর্মে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতুর ন্যায় ইলেকট্রোপজেটিভ (NH_4) এবং ক্ষারকর্মী তাহাকে অ্যামোনিয়াম যৌগ-মূলক (NH_4-Ammonium radical) বলা হয়।

অ্যামোনিয়াম (NH_4) মূলক রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের ন্যায় ব্যবহার করে বলিয়া ধাতব মৌলিক পদার্থ সোডিয়াম পটাসিয়ামের ন্যায় 'আম্' শব্দ যোগ করিয়া অ্যামোনিয়া-মূলকের নাম দেওয়া হইয়াছে 'অ্যামোনিয়াম' (ammonium) ; ধাতু-ধর্মী বলিয়া অ্যামোনিয়াম (NH_4)-মুলকও বিভিন্ন লবণ গঠন করে। যথা :

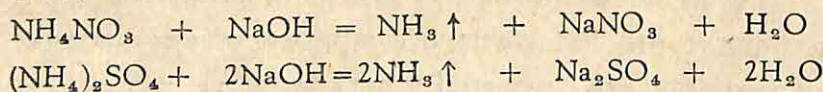
NH_4Cl (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড), NH_4NO_3 (আমোনিয়াম নাইট্রেট); $(NH_4)_2SO_4$ (অ্যামোনিয়াম সালফেট), $(NH_4)_2CO_3$ (অ্যামোনিয়াম কার্বনেট) ইত্যাদি।

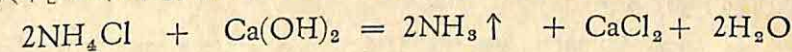
অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতি

(Preparation of ammonia)

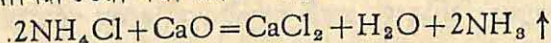
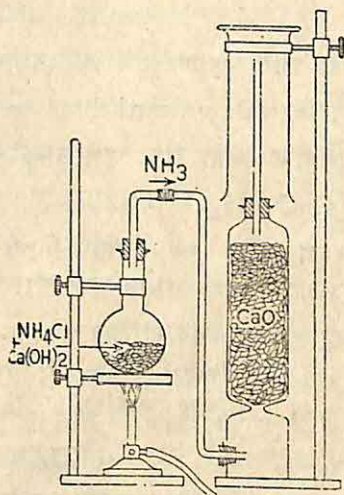
সাধারণ রাসায়নিক পদ্ধতি (General chemical process): অ্যামোনিয়ামের যে-কোন লবণের সঙ্গে যে কোন ক্ষার বা অ্যালকালি মিশাইয়া সেই মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া তৈরী করা যায়। যথা :

$$NH_4NO_3 + NaOH = NH_3\uparrow + NaNO_3 + H_2O$$

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = 2NH_3\uparrow + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process): রসায়নাগারে অ্যামোনিয়া তৈরী করা হয় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) এবং স্লেকড্ লাইম [$Ca(OH_2$] মিশ্রণ একত্রে উত্তপ্ত করিয়া। বিক্রিয়া :

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3\uparrow + CaCl_2 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড — ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড — অ্যামোনিয়া — Ca-ক্লোরাইড — জল

ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড একত্রে উত্তপ্ত করিয়াও অ্যামোনিয়া তৈরী করা যায়। যথা :

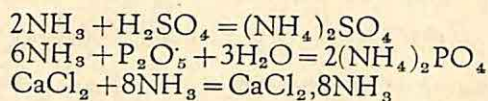
$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + H_2O + 2NH_3\uparrow$$

রসায়নাগারে প্রস্তুতি : অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) সঙ্গে দ্বিগুণ ওজনের শুষ্ক **কলিচুন** বা **স্লেকড্ লাইম** (slaked lime) [$Ca(OH)_2$] ঘনিষ্ঠভাবে মিশানো হয়। এই মিশ্রণ একটি ফ্লাস্কের মধ্যে ভরিয়া ইহার ছিপির মুখে নির্গম নল (delivery tube) লাগাইয়া **পোড়া-চুন** (quick lime – CaO)-ভরা একটি গ্যাস টাওয়ারের (gas tower) তলার মুখে নির্গম-নলটি লাগানো হয়। গ্যাস টাওয়ারের উপরের মুখে আরেকটি নির্গমনল লাগানোর পরে এই নির্গম নলের মুখে একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইয়া দেওয়া হয়। [চিত্র দেখ]

অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

অতঃপর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও কলিচুনের মিশ্রণ-ভরা ফ্লাস্কটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নলের মাধ্যমে গ্যাস টাওয়ারে প্রবেশ করে। গ্যাস টাওয়ারে অবস্থিত পোড়া-চুন (CaO) অ্যামোনিয়ার সঙ্গে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শোষণ করে। ফলে এই টাওয়ার বা স্তম্ভ হইতে নির্গত হইয়া বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

অ্যামোনিয়া সংগ্রহের পদ্ধতি (Collection of ammonia) : অক্সিজেন, হাইড্রোজেন বা নাইট্রোজেন গ্যাসের ন্যায় জলভরা গ্যাসজারের জল সরাইয়া অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা যায় না। কারণ, **জলে অ্যামোনিয়ার দ্রবণীয়তা খুব বেশী। পক্ষান্তরে অ্যামোনিয়া বায়ুর চেয়ে হাল্‌কা।** তাই, উপুড়-করা গ্যাসজারের বায়ু নীচের দিকে সরাইয়া অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা হয়। একটি জলে-ভিজা লাল লিটমাস কাগজ গ্যাসজারের মুখের কাছে আনিয়া ধরিতে হয়। লাল লিটমাস কাগজ নীলবর্ণে রূপান্তরিত হইলে জানা যায় যে, জারটি অ্যামোনিয়া গ্যাসে ভরিয়া গিয়াছে। এই জারটির মুখ কাচের চাকতি দিয়া ঢাকিয়া গ্যাস সংগ্রহ করিতে হয়।

বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া (Dry ammonia) : সাধারণত কোন গ্যাসের জলীয় বাষ্প শোষণ করা হয়—(i) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4),

(ii) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) বা (iii) বিগলিত ক্যালিসিয়াম ক্লোরাইড (fused $CaCl_2$) দ্বারা। কারণ, এই যৌগ তিনটির জলীয় বাষ্প শোষণ করিবার ক্ষমতা প্রবল। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিয়া (absorb) একটি জটিল যৌগ ($CaCl_2$, $8NH_3$) উৎপন্ন করে।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$
$$6NH_3 + P_2O_5 + 3H_2O = 2(NH_4)_2PO_4$$
$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2,8NH_3$$

তাই সাধারণভাবে অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা হয় গ্যাসজারের বায়ু নিম্নমুখে সরাইয়া (downward displacement of air) এবং সাধারণত **অ্যামোনিয়া বিশুষ্ক করা হয় পোড়া-চুনের** (CaO) **মধ্যে প্রবাহিত করাইয়া** [$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$]। পোড়া-চুন অ্যামোনিয়াতে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শুষিয়া লয়। অতি-বিশুষ্ক অ্যামোনিয়া তৈরী করিতে হইলে ইহা সংগ্রহ করা হয় **পারদ-ভরা গ্যাসজারের পারদ** সরাইয়া।

বাণিজ্যিক বা বৃহদায়তন উৎপাদন

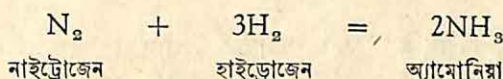
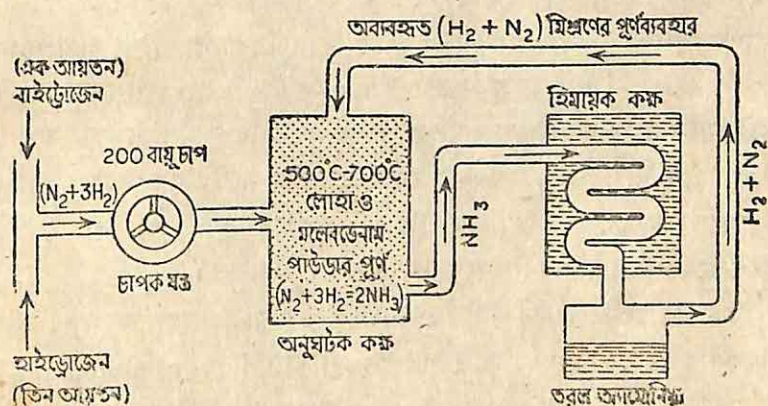
[Manufacture of ammonia—Commercial process]

1. **হাবার পদ্ধতি** (Haber's process): স্বাভাবিক অবস্থায় নাইট্রোজেনের সঙ্গে হাইড্রোজেন সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়া যৌগ গঠন করা সম্ভব নয়। সরাসরিভাবে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করার **সংশ্লেষণী পন্থা** (synthetic process) আবিষ্কার করেন জার্মান বিজ্ঞানী **হাবার**।

প্রথম মহাযুদ্ধের সময় জার্মানীকে এমনভাবে চারিদিক হইতে অবরোধ করিয়া রাখা হয় যে কাঁচামালের অভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা জার্মানীর পক্ষে দুঃসাধ্য হইয়া ওঠে। নাইট্রিক অ্যাসিড ছাড়া কোন বিস্ফোরক তৈরী করা যায় না। তাই নাইট্রিক অ্যাসিডের অভাবে জার্মানীর পক্ষে যুদ্ধ চালানো প্রায় অসম্ভব হইয়া পড়ে। এই সংকট হইতে জার্মানীকে রক্ষা করেন বিজ্ঞানী হাবার। তিনি নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন সরাসরিভাবে সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন এবং এই অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া তৈরী করা হয় নাইট্রিক অ্যাসিড।

বিজ্ঞানী হাবার

রাসায়নিক তত্ত্ব ও বিক্রিয়া (Chemical principles and reactions) : এক আয়তন নাইট্রোজেন ও তিন-আয়তন হাইড্রোজেন মিশ্রণের উপর প্রায় 200 অ্যাটমসফিয়ার চাপ দিয়া এই মিশ্রণটি (1 vol N_2 + 3 vol H_2) বিশেষ উপায়ে প্রস্তুত লৌহ **অনুঘটকের** (কিছু K_2O এবং Al_2O_3 মিশ্রিত) সংস্পর্শে প্রায় 500°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেনের সঙ্গে হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠন করে। নাইট্রোজেনের ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণের উপর চাপ যত বেশি থাকে ততই বেশি অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। কার্যত ব্যবহৃত চাপের পরিমাণ প্রায় 250 অ্যাটমসফিয়ার (atmospheric pressure) হইয়া থাকে। অতি উষ্ণতা অ্যামোনিয়া উৎপাদনের পরিপন্থী। বিক্রিয়া ঘটে এইরূপে—

$$\underset{\text{নাইট্রোজেন}}{N_2} + \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{3H_2} = \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3}$$

1. **হাবার পদ্ধতি** (Haber's process) : **এক আয়তন** (1 vol) বিশুদ্ধ নাইট্রোজেনের সঙ্গে **তিন আয়তন** (3 vol) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন মিশ্রিত করিয়া এই গ্যাস-মিশ্রণের (N_2+3H_2) উপরে 200 **আটমসফিয়ার চাপ** (200 atmospheric pressure) প্রয়োগ করিয়া ইহা একটি ইস্পাত নির্মিত

রেখাঙ্কনে সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের বর্ণনা

উত্তপ্ত অনুঘটক কক্ষের (chamber) মধ্যে প্রেরণ করা হয়। এই কক্ষে **অনুঘটকরূপে** ছড়ানো থাকে বিশেষভাবে প্রস্তুত লৌহ অনুঘটক এবং কক্ষটিকে উত্তপ্ত করা হয় 500°C তাপাংকে। কক্ষটিকে বলা হয় **বিক্রিয়া কক্ষ** (reaction chamber)। অনুঘটকের (catalyst) সংস্পর্শে উচ্চ চাপে ও উচ্চ

তাপাংকে নাইট্রোজেন-হাইড্রোজেন মিশ্রণে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহার ফলে অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3) তৈরী হয়।

এরূপ পদ্ধতিতে মিশ্রিত গ্যাসের আনুমানিক 10% অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয় এবং অবশিষ্ট (N_2+3H_2) মিশ্রণ অবিকৃত থাকে। এই উচ্চ চাপে মিশ্রিত গ্যাস ঠাণ্ডা জলের সাহায্যে শীতল হইলে উহার অ্যামোনিয়া অংশ তরল অ্যামোনিয়া রূপে জমে ও অবশিষ্ট গ্যাস পৃথক হইয়া যায়। এই অবশিষ্ট মিশ্রিত গ্যাস উচ্চ বায়ুচাপে পুনরায় বিক্রিয়া কক্ষে ফেরত পাঠাইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাসে পরিণত করা হয়।

ভারতের সিন্ধ্রী কারখানায় পরিবর্তিত হাবার পদ্ধতিতে (হাবার-বশ পদ্ধতি) অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হইতেছে। এই পদ্ধতিতে 350 আটমসফিয়ার চাপে প্রায় 15-30% অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

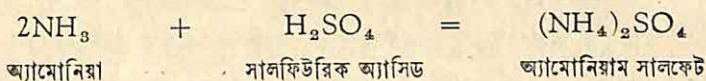
2. **কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতি** (From destructive distillation of coal): বায়ুবদ্ধ (closed) পাত্রে পূরিয়া কয়লা উত্তপ্ত অর্থাৎ পাতিত করিলে কয়লার মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং ইহার আণবিক কাঠামো ভাঙ্গিয়া যায়। কয়লার এরূপ পাতন-পদ্ধতিকে বলা হয় **অন্তর্ধূম বা ধ্বংসাত্মক পাতন** (destructive distillation)। প্রাকৃতিক কয়লা কার্বন, হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন (1—1·5%) দ্বারা গঠিত একপ্রকার জৈবজাতীয় যৌগিক পদার্থ। কয়লায় অন্তর্ধূম পাতনের ফলে প্রধানত (i) **কোল গ্যাস** (coal gas), (ii) **আল্‌কাতরা** (tar) এবং (iii) **অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণ মিশ্রিত তরল** উৎপন্ন হয়। এই অ্যামোনিয়া সম্পৃক্ত তরল, স্টীম দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা হয়। অবশিষ্ট তরলের সঙ্গে গোলা-চুন [$Ca(OH)_2$] মিশ্রিত করিয়া এবং তাহার মধ্যে উত্তপ্ত স্টীম পাঠাইয়া বাকী অ্যামোনিয়াও সংগ্রহ করা হয়।

এই অ্যামোনিয়া ঘন জলীয় দ্রবণরূপে পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়ার এরূপ ঘন জলীয় দ্রবণকে বলা হয় **লাইকার আমোনিয়া** (liquor ammonia)।

[পূর্বে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন-পন্থাই ছিল বৃহদায়তন বা বাণিজ্যিক পন্থায় অ্যামোনিয়া উৎপাদনের একমাত্র উপায়। এখন বৃহদায়তনে প্রধানত পরিবর্তিত হাবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া তৈরী করা হয়। কয়লা শিল্পে বা কোল-গ্যাস উৎপাদন পদ্ধতিতেও উপজাত দ্রব্যরূপে (by-product) অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা হয়। তৃতীয় খণ্ডে বিস্তৃত বিবরণ দ্রষ্টব্য।]

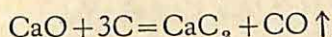
কয়লায় অন্তর্ধূম পাতন-পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া সাধারণত অ্যামোনিয়াম লবণ, যথা, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl), অ্যামোনিয়াম

নাইট্রেট (NH_4NO_3), এবং প্রধানত অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়াম সালফেট কৃষিকাজে বিশেষ প্রয়োজনীয় সার। কয়লা-পাতনে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়া সরাসরি সালফিউরিক অ্যাসিডের (60% ঘন) মধ্যে চালাইয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। এরূপ অ্যামোনিয়াম সালফেট স্ফটিক দানারূপে পাত্রের তলায় বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে।

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} = \underset{\text{অ্যামোনিয়াম সালফেট}}{(NH_4)_2SO_4}$$

3. **সায়নামাইড পদ্ধতি** (Cyanamide process) :

(i) এই পদ্ধতিতে প্রথমে চুনাপাথর ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করিয়া পোড়া চুন (CaO) তৈরী করা হয়। যথা : $CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$

(ii) পোড়া-চুন (CaO) ও কোক (C) একত্র বিচূর্ণ ও মিশ্রিত করিয়া বৈদ্যুতিক চুল্লীতে প্রায় 2200°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিয়া ক্যালসিয়াম কারবাইড (CaC_2) তৈরী করা হয়। যথা :

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO\uparrow$$

(iii) তরল বায়ুর নাইট্রোজেন আংশিক পাতন (fractional distillation) পদ্ধতিতে মুক্ত করিয়া প্রায় 1100°C তাপাংকে উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কারবাইডের উপর চালাইলে পরবর্তী পর্যায়ে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড (NCaCN) তৈরী হয়। লাল বাদামী বর্ণের পদার্থটিকে বাণিজ্যিক ভাষায় **নাইট্রোলিম** (nitrolim) বলা হয়। ইহা সার হিসাবেও ব্যবহার করা হয়।

$CaC_2 + N_2 = NCaCN + C$

(iv) বর্ধিত বায়ুচাপের (3—11 বায়ুচাপ) প্রভাবে এই ক্যালসিয়াম সায়নামাইডের উপরে জলীয় বাষ্প চালাইলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। যথা :

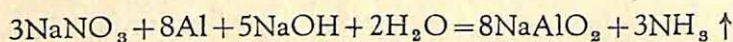
$$\underset{\text{Ca-সায়নামাইড}}{NCaCN} + \underset{\text{জল}}{3H_2O} = \underset{\text{Ca-কার্বনেট}}{CaCO_3\uparrow} + \underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3\uparrow}$$

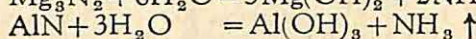
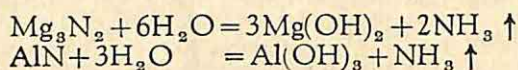
[বর্তমানে প্রধানত নাইট্রোলিম সার তৈরী করার জন্য এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।]

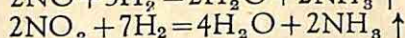
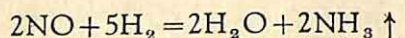
অ্যামোনিয়া তৈরীর অন্যান্য কয়েকটি বিক্রিয়া

(i) অ্যামোনিয়ার কোন কোন লবণ উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। যথা : $(NH_4)_2SO_4 = NH_3 + NH_4HSO_4\uparrow$

(ii) নাইট্রেট বা নাইট্রাইট জাতীয় লবণ Al+NaOH (অতিরিক্ত) সহ উত্তপ্ত করিলে বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করে। যথা :

$$3NaNO_3+8Al+5NaOH+2H_2O=8NaAlO_2+3NH_3\uparrow$$

(iii) ধাতব নাইট্রাইট জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। যথা :

$$Mg_3N_2+6H_2O=3Mg(OH)_2+2NH_3\uparrow$$
$$AlN+3H_2O=Al(OH)_3+NH_3\uparrow$$

(iv) নাইট্রিক অক্সাইড বা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত প্লাটিনামের উপরে চালাইলে অ্যামোনিয়া তৈরী হয়। যথা :

$$2NO+5H_2=2H_2O+2NH_3\uparrow$$
$$2NO_2+7H_2=4H_2O+2NH_3\uparrow$$

অ্যামোনিয়ার ধর্ম (Properties of ammonia)

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) **গ্যাসীয় প্রকৃতি :** অ্যামোনিয়া একটি বর্ণহীন গ্যাস এবং ইহা তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধী (pungent smell)। অ্যামোনিয়ার গন্ধে চোখে জল আসে।

(ii) **তরল ও কঠিন অ্যামোনিয়া** (Liquid and solid ammonia) : অ্যামোনিয়া ঠাণ্ডা করিয়া (—33·4°C এবং স্বাভাবিক চাপ) এবং চাপ দিয়া সহজেই বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায় এবং এই তরলকে অতিরিক্ত ঠাণ্ডা (−77·7°C) করিয়া বরফের মত কঠিন পদার্থেও রূপান্তরিত করা যায়। (−79°C) তাপাংকে সোদক স্ফটিকাকার অ্যামোনিয়া (NH_3, H_2O বা $NH_3, 2H_2O$) পাওয়া যায়। তরল অ্যামোনিয়া সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতু দ্রবীভূত করিয়া নীল বর্ণের দ্রবণ তৈরী করে।

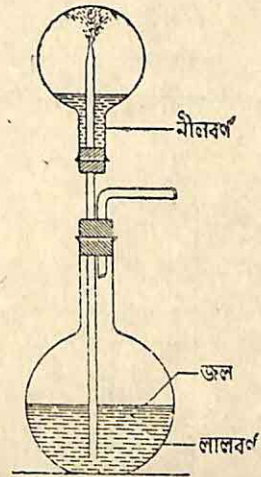
(iii) **অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ুর চেয়ে হাল্‌কা।**

পরীক্ষা (Expt) : একটি অ্যামোনিয়া-ভরা গ্যাসজারের উপরে আরেকটি খালি (অর্থাৎ বায়ুপূর্ণ) গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইয়া দাও এবং অ্যামোনিয়া-ভরা গ্যাসজারের মুখ হইতে ঢাকনিটি সরাইয়া লও। কিছুক্ষণের মধ্যেই উপরের গ্যাসজারের ভারী বায়ু নীচের গ্যাস-জারে পড়িয়া যাইবে এবং নীচের হাল্‌কা অ্যামোনিয়া গ্যাসে উপরের জারটি পূর্ণ হইবে। উপরের জারে একটি জলে-ভিজা লিটমাস কাগজ ঢুকাও। দেখিবে, লাল কাগজ নীল হইয়া যাইবে। অথবা, উপরের জারে কয়েক ফোঁটা ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফেলিলে দেখিবে, জারের মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) ধোঁয়া সৃষ্টি হইবে।

(iv) **জলে দ্রবণীয়তা** (Solubility in water) : অ্যামোনিয়া জলে খুব বশি পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। জলের মধ্যে অ্যামোনিয়ার দ্রবণীয়তা এত বেশি

যে, 1 c. c. জলে প্রায় 0°C উষ্ণতায় 1200 c. c. অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত করা যায়। অ্যামোনিয়ার অতি-দ্রবণীয়তা একটি সুন্দর পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায়।

ঝরনা পরীক্ষা (Fountain experiment) : কর্কসহ একটি সমকোণ নল ফিট করা একটি জলের ফ্লাস্ক, একটি অপেক্ষাকৃত ছোট আকারের শুষ্ক গোলাকার ফ্লাস্ক, একটি লম্বা ছুঁচালো-মুখ নল এবং ফ্লাস্কের মুখসই একটি কর্ক লও। কর্কটি ছিদ্র করিয়া লম্বা-নলের ছুঁচালো মুখটি কর্কসহ ফিট করিয়া ছোট ফ্লাস্কের মধ্যে ঢুকাও। তারপর লম্বা-নলের নীচের অংশ জলপূর্ণ ফ্লাস্কের মধ্যে এমন ভাবে ফিট কর যাতে ছুঁচালো মুখ লম্বা-নলটির শেষাংশ জলপূর্ণ ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত স্পর্শ করে। জলপূর্ণ ফ্লাস্কের জল লাল লিটমাস মিশাইয়া লালবর্ণ কর।

ঝরনা-ধারার পরীক্ষা

এখন কর্কসহ ছুঁচালো-মুখ নলটি খুলিয়া ছোট শুষ্ক ফ্ল্যাস্কটি অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা পূর্ণ কর। ফ্লাস্কের মুখ সর্বদা নিচুমুখী করিয়া ধরিয়া ধারক ও বলয়ের সাহায্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস-ভরা ফ্লাস্কটির মধ্যে ছুঁচালো-মুখ লম্বা নলটি ফিট করিয়া কর্কটি আটিয়া দাও। [চিত্রাকারে পরীক্ষাযন্ত্র ফিট কর।]

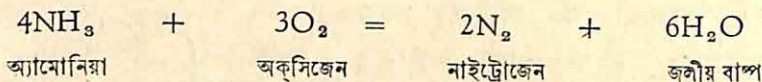
উপরের ফ্লাস্কে ইথার ঢালিয়া বাষ্পীভূত হইতে দিলে উহা ঠাণ্ডা হইবে এবং কিছুটা জল উপরের ফ্লাস্কে ঢুকিবে। অমনি ফ্লাস্কের সমস্ত অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইবে এবং তাহার ফলে ফ্লাস্কের মধ্যে যে শূন্যতা সৃষ্টি হইবে সেই শূন্যতা পূরণ করিবার জন্য নীচের ফ্লাস্কটির লাল রঙের জল ঝরনা ধারার আকারে উপরের ফ্লাস্কের মধ্যে তীব্রবেগে প্রবেশ করিয়া ফ্লাস্কটি পূর্ণ করিবে। লাল রঙের জল উপরের ফ্লাস্কের ভিতরে অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে নীল হইয়া যাইবে। কারণ, অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী।

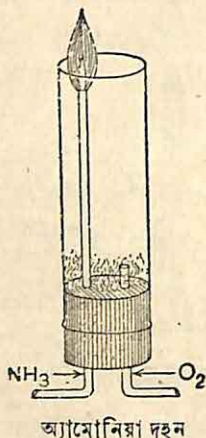
লাইকার অ্যামোনিয়া (Liquor ammonia) : 0·88 আপেক্ষিক গুরুত্বের সম্পৃক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে 35% অ্যামোনিয়া থাকে। এরূপ ঘন অ্যামোনিয়া দ্রবণকে লাইকার অ্যামোনিয়া বলা হয়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **দহনশীলতা** (combustibility) : অ্যামোনিয়া সাধারণত নিজে দহনশীল পদার্থ নয়, অন্য

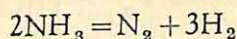
পদার্থের দহনেও সাহায্য করে না। কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে জ্বালাইয়া দিলে অ্যামোনিয়া নিজেই দহনশীল হইয়া জ্বলিতে আরম্ভ করে। অক্সিজেনের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার এরূপ বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয়। অ্যামোনিয়া ও অক্সিজেনের মিশ্রণ অগ্নিস্পর্শে বিস্ফোরিত হইতে পারে।

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

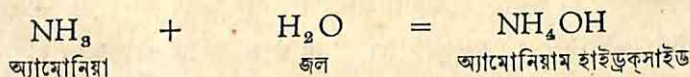
অ্যামোনিয়া অক্সিজেন নাইট্রোজেন জলীয় বাষ্প

পরীক্ষা : (ক) একটি অ্যামোনিয়া-ভরা জারে জ্বলন্ত পাটকাঠি ঢুকাও। অ্যামোনিয়া জ্বলিবে না, পাটকাঠিও নিভিয়া যাইবে। কারণ, অ্যামোনিয়া দাহক বা দহণশীল নয়।

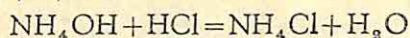
অ্যামোনিয়া দহন

(খ) একটি মোটা ব্যাসের কাচের নলের নিচের মুখটি ছিদ্রসহ কর্কের একটি ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া দাও এবং কর্কের ছিদ্র দুইটিতে সমকোণে বাঁকানো দুইটি সরু কাচের নল ফিট কর। একটি নল হইবে খাটো, আরেকটি বেশ লম্বা। খাটো-নলের ভিতরের মুখটি আলগাভাবে তুলা দিয়া জড়াইয়া ঢাকিয়া দাও। এখন খাটো-নলের ভিতর দিয়া অক্সিজেন চালাইয়া মোটা নলটি অক্সিজেন গ্যাসে পূর্ণ কর। একটু পরে লম্বা-নলের ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস চালাও। যে নলটি দিয়া অ্যামোনিয়া নির্গত হয় সেই নলটির মুখে জ্বলন্ত পাটকাঠি দিয়া আগুন ধরাইয়া দাও। দেখিবে, এই নলের মুখে অ্যামোনিয়া হলুদ শিখায় জ্বলিতে আরম্ভ করিবে।

(ii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) : স্বাভাবিক অবস্থায় অ্যামোনিয়া একটি স্থায়ী যৌগ কিন্তু উচ্চ তাপে ইহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং 1000°C তাপাংকে সম্পূর্ণরূপে ভাঙ্গিয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে পরিণত হয়। যথা :

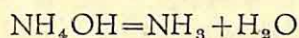
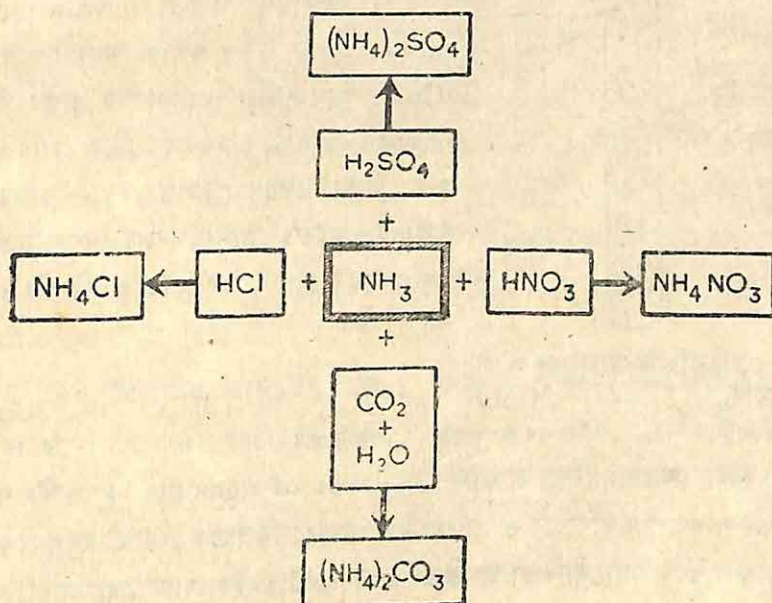
$$2NH_3 = N_2 + 3H_2$$

(iii) **ক্ষারীয় ধর্ম** (Alkaline property) : অ্যামোনিয়ার মধ্যে ক্ষারের ধর্ম বর্তমান। তাই, অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড নামে (NH_4OH) ক্ষার তৈরী করে। সেইজন্য অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষারের ন্যায় ($NaOH$) পিচ্ছিল এবং লাল লিটমাসকে নীলবর্ণের লিটমাসে পরিণত করে। জলের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার সংযোগ ঘটে এইভাবে :

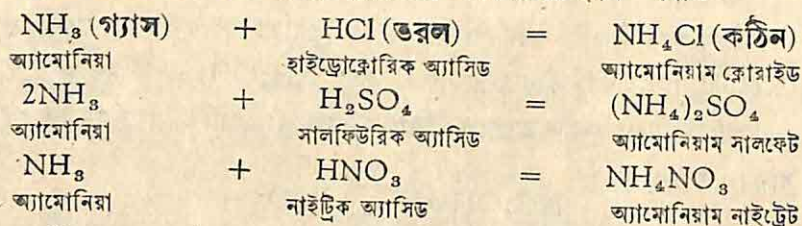
$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$

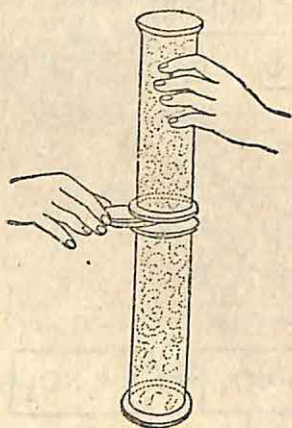
অ্যামোনিয়া জল অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড

এরূপ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। যথা ঃ

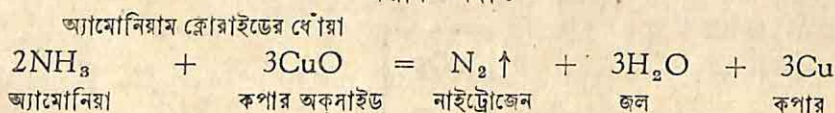
$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) নামে যে-ক্ষার তৈরী করে তাহা কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাসের ন্যায় (NaOH বা KOH) তীব্র ক্ষার নয়। ইহা (NH_4OH) একটি মৃদু ক্ষার।

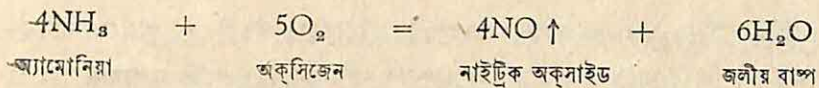
অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হইয়া যায়। যথা ঃ

$$NH_4OH = NH_3 + H_2O$$

লাইকার অ্যামোনিয়ার চাপ ঃ লাইকার অ্যামোনিয়ার বোতল সবসময়ে বরফ-জলে ডুবাইয়া রাখিয়া খুলিতে হয়। অ্যামোনিয়ার বোতলের মধ্যে সবসময়ে প্রবল চাপ থাকে। বরফ-জলে শীতল না করিলে গ্যাসের চাপে বোতল ভাঙ্গিয়া দুর্ঘটনা ঘটিতে পারে। খালি ফ্লাস্কে ফোঁটা ফোঁটা লাইকার অ্যামোনিয়া ফেলিয়া **অ্যামোনিয়া গ্যাস** তৈরী করা যায়।

(iv) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with acid) : যে কোন অ্যালকালি বা ক্ষারের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল তৈরী হয়। তাই ক্ষার-ধর্মী অ্যামোনিয়ার সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে এইসব অ্যাসিডের লবণ তৈরী হয়। যথা :

NH_3 (গ্যাস) অ্যামোনিয়া	+	HCl (তরল) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	=	NH_4Cl (কঠিন) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড
$2NH_3$ অ্যামোনিয়া	+	H_2SO_4 সালফিউরিক অ্যাসিড	=	$(NH_4)_2SO_4$ অ্যামোনিয়াম সালফেট
NH_3 অ্যামোনিয়া	+	HNO_3 নাইট্রিক অ্যাসিড	=	NH_4NO_3 অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট

পরীক্ষা : একটি গ্যাস জারের মধ্যে কয়েক ফোঁটা ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফেল এবং সমস্ত জারটিতে তাহা গড়াইয়া লও। অ্যামোনিয়া ভরা একটি গ্যাস জারের মুখে এই অ্যাসিড-মাখা জারটি উপুড় করিয়া বসাইয়া দাও এবং অ্যামোনিয়া ভরা জারের ঢাকনিটি সরাইয়া লও। দেখিবে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-মাখা জারটির মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) সাদা ঘন ধোঁয়া সৃষ্টি হইবে। এইভাবে তরল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও গ্যাসীয় অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড তৈরী হয়।

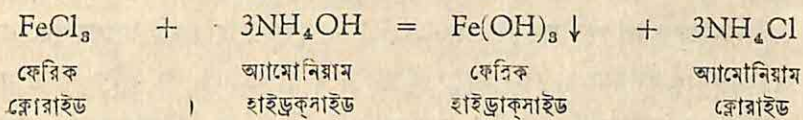
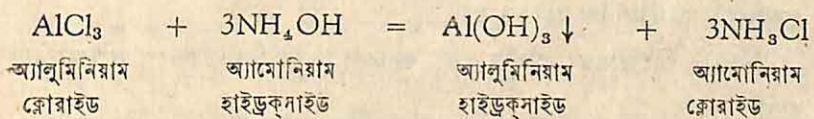
অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ধোঁয়া

(v) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) : উত্তপ্ত কপার অক্সাইডকে (CuO) অ্যামোনিয়া গ্যাস কপার ধাতুরূপে বিজারিত করিয়া দেয় এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। কপার অক্সাইড হইতে অক্সিজেনকে অপসারিত করার অর্থই কপার অক্সাইডকে বিজারিত করা। যথা :

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3} + \underset{\text{কপার অক্সাইড}}{3CuO} = \underset{\text{নাইট্রোজেন}}{N_2\uparrow} + \underset{\text{জল}}{3H_2O} + \underset{\text{কপার}}{3Cu}$$

(vi) **অ্যামোনিয়া-জারণ** (Oxidation of ammonia) : প্লাটিনাম ধাতুর সংস্পর্শে অক্সিজেন ও অ্যামোনিয়া গ্যাসের মিশ্রণকে 500°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে **অ্যামোনিয়া জারিত** (oxidised) হইয়া যায় এবং নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস তৈরী হয়।

$4NH_3$	+	$5O_2$	=	$4NO\uparrow$	+	$6H_2O$
অ্যামোনিয়া		অক্সিজেন		নাইট্রিক অক্সাইড		জলীয় বাষ্প

(vii) **ক্লোরিনের বিক্রিয়া** (Action of chlorine) : অ্যামোনিয়া এবং ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ও হাইড্রোক্লোরিকের অ্যাসিড গঠন করে। যথা : $2NH_3+3Cl_2=6HCl+N_2\uparrow$ অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া উৎপন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হইলে সদ্যোজাত নাইট্রোজেন ইহার সঙ্গে পুনরায় বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড নামের একরকম তৈলাক্ত বিস্ফোরক পদার্থ তৈরী করে। যথা : $NH_3+3Cl_2=3HCl+NCl_3$

(viii) **ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষেপণ** (Formation of insoluble hydroxide) : অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন, ইত্যাদি ধাতুর লবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। যথা :

$AlCl_3$	+	$3NH_4OH$	=	$Al(OH)_3\downarrow$	+	$3NH_3Cl$
অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড		অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড		অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড		অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড
$FeCl_3$	+	$3NH_4OH$	=	$Fe(OH)_3\downarrow$	+	$3NH_4Cl$
ফেরিক ক্লোরাইড		অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড		ফেরিক হাইড্রাক্সাইড		অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

(ix) **কপার সালফেট দ্রবণ :** কপার সালফেট ($CuSO_4$) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের (NH_4OH) সঙ্গে প্রথমে নীলাভ অধঃক্ষেপ [$Cu(OH)_2$] ফেলে। ইহাতে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশাইলে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং একরকম জটিল যৌগের [$Cu(NH_3)_4SO_4$] ঘন নীল দ্রবণ তৈরী হয়।

(x) **সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ :** সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের (NH_4OH) সঙ্গে প্রথমে বাদামী সিলভার অক্সাইড (Ag_2O) অধঃক্ষেপ ফেলে। এই অধঃক্ষেপ অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রুত দ্রবীভূত হইয়া যায়।

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার (Uses) : (i) সার তৈরী করিবার জন্য প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়া সালফেট

[$(NH_4)_2SO_4$], অ্যামোনিয়া ফসফেট [$(NH_4)_3PO_4$] ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3), ইউরিয়া ($CONH_2$-$CONH_2$), অতি মূল্যবান সার।

(ii) সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) এবং অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার কাজেও অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়।

(iii) তৈলাক্ত জিনিস পরিষ্কার করার জন্য অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়।

(iv) রসায়নাগারের বিকারকরূপে, ডাক্তারীর প্রয়োজনে, **গন্ধী লবণ** তথা **স্মেলিং সল্ট** [smelling salt : $(NH_4)_2CO_3$ + স্বল্প $Ca(OH)_2$] তৈরী করার জন্য,

(v) উত্তপ্ত ধাতব অনুঘটকের সাহায্যে অ্যামোনিয়া ভাঙ্গিয়া সহজে হাইড্রোজেন তৈরী করার জন্য অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়।

(vi) অ্যামোনিয়ার সাহায্যে বরফের কারখানায় জল ঠাণ্ডা করিয়া বরফ জমানো হয়।

(vii) কৃত্রিম রেশম নাইলন, পেইণ্ট, প্লাস্টিক, কৃত্রিম রবার ইত্যাদি প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

(viii) বিস্ফোরক প্রস্তুতি এবং রসায়নাগারের বিকারকরূপে অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ পরীক্ষা (Tests) : (i) অ্যামোনিয়ার একটি বিশেষ ধরনের ঝাঁঝাল গন্ধ বর্তমান। (ii) ইহা কষ্টিক সোডা (NaOH) বা কষ্টিক পটাসের (KOH) ন্যায় ক্ষারধর্মী। তাই, অ্যামোনিয়াম-সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ নীল হইয়া যায়। (iii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হয়। (iv) অ্যামোনিয়া **নেস্‌লার দ্রবণকে** (Nessler's solution) বাদামী বর্ণে পরিণত করে। নেস্‌লার দ্রবণ সামান্যতম অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শেও বাদামী হইয়া যায় ; ইহা অ্যামোনিয়ার **এক বিশেষ পরীক্ষা**। (v) মারকিউরাস নাইট্রেট [$Hg_2 NO_3)_2$] দ্রবণে সিক্ত কাগজ অ্যামোনিয়ার স্পর্শে কালো হইয়া যায়।

পরীক্ষা : (ক) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হইবে। (খ) একটি ফিলটার কাগজে কয়েক ফোঁটা মারকিউরাস নাইট্রেট ফেল। ইহার উপরে কয়েক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ফেল। ফিলটার কাগজ কালো হইয়া যাইবে।

(গ) **নেস্‌লার দ্রবণের পরীক্ষা :** একটি ছোট বীকারে মারকিউরিক

ক্লোরাইড ($HgCl_2$) দ্রবণ লও। ইহার মধ্যে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) দ্রবণ মিশাও। প্রথমে লাল অধঃক্ষেপ পড়িবে। অতিরিক্ত পটাশিয়াম আয়োডাইড মিশাইবার ফলে লাল অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হইয়া স্বচ্ছ তরলে পরিণত হইবে। এই দ্রবণ সম্ভবত $=K_2HgI_4$; ($2KI+HgI_2=K_2HgI_4$)। ইহার মধ্যে কষ্টিক সোডা দ্রবণ মিশাইয়া ক্ষারধর্মী কর। এই দ্রবণই নেস্‌লার দ্রবণ (Nessler's solution or reagent)।

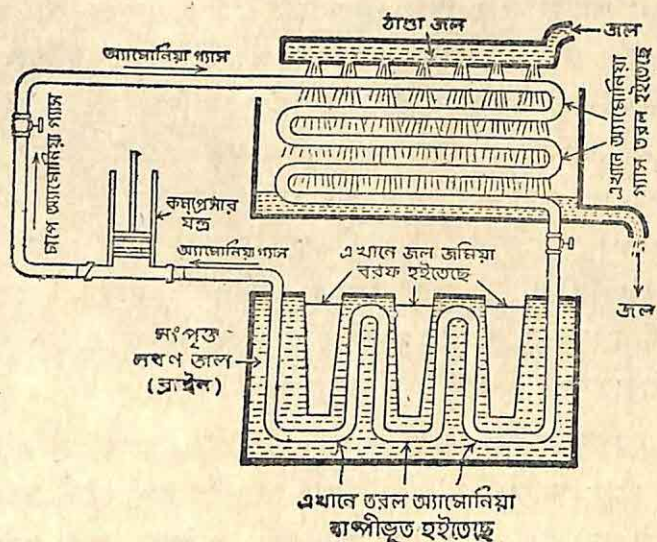
একটি পরীক্ষা-নলে এক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) লও। ইহা জলে দ্রবীভূত কর। সমস্ত পরীক্ষা-নলটি জলে ভর। এরূপ অ্যামোনিয়া মিশ্রিত সমস্ত জল ফেলিয়া দাও—শুধু এক ফোঁটা অ্যামোনিয়া দ্রবণ পরীক্ষা-নলে রাখ। এখন এই পরীক্ষা-নলে নেস্‌লার দ্রবণ মিশাও। দেখিবে, দ্রবণ বাদামী বর্ণ ধারণ করিবে। কারণ, নেস্‌লার দ্রবণ অতি সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়াকে পর্যন্ত সনাক্ত করিতে পারে। ইহা অ্যামোনিয়ার একটি বিশেষ পরীক্ষা।

বরফ প্রস্তুতি (Manufacture of ice)

অ্যামোনিয়া গ্যাসের উপরে চাপ দিলে অ্যামোনিয়া তরল হইয়া যায় এবং এই তরল অ্যামোনিয়ার উপর হইতে চাপ হ্রাস করিলে ইহা আবার গ্যাসে পরিণত হয়। তরল অ্যামোনিয়া বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে গ্যাসে পরিণত হওয়ার সময় অ্যামোনিয়ার উষ্ণতা $-33°C$ তাপাংকে নামিয়া যায়। এই তরল অ্যামোনিয়া বাষ্পায়নের সময়ে যে-শীতলতা সৃষ্টি হয় সেই পরিবেশে রাখিয়া জলকে বরফরূপে জমানো যায়। 1 গ্রাম তরল অ্যামোনিয়া 330 ক্যালরি তাপ (calories) শোষণ করে। 1 গ্রাম জলকে 0°C তাপাংকে বরফে পরিণত করার জন্য 79 ক্যালরি তাপ হরণের প্রয়োজন। সুতরাং 1 গ্রাম তরল অ্যামোনিয়া বাষ্পায়নের ফলে জলের তাপ আহরণ করিয়া প্রায় 4 গ্রাম জল বরফে পরিণত করে। বরফ তৈরী করার জন্য এরূপ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

বড় বড় ট্যাংক-ভরা 30% ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত লবণ-জলের দ্রবণের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাসের পাইপ ডুবাইয়া রাখা হয়। এই দ্রবণের মধ্যে আরও ডুবাইয়া রাখা হয় পর পর সাজানো জলভরা **চৌকোণা ধাতব পাত্র**। অতি-শীতল অ্যামোনিয়া গ্যাস যখন লবণ-জলের দ্রবণে ডুবানো পাইপের ভিতর দিয়া চলাচল করে তখন দ্রবণের তাপ শূন্যাংকের নীচে নামিয়া যায়, কিন্তু লবণ-জল 0°C শীতলতায়ও তরল থাকে ; পক্ষান্তরে 0°C হিমতায় **ধাতব পাত্রে ভরা জল** জমিয়া বরফে পরিণত হয়।

(ঘ) যে-কোন বরফের কারখানায় গেলে বরফ প্রস্তুতির ব্যবস্থাটি লক্ষ্য করা যায় [নিম্নের চিত্রটি দেখ]। এরূপ যন্ত্রে চাপক পাম্প বা কম্প্রেসারের (compressor) সাহায্যে অ্যামোনিয়া ঘন করিয়া তরলে পরিণত করার জন্য ইহা প্রথমে হিমাঙ্ক বা কণ্ডেন্সারের (condenser) মধ্যে পাঠানো হয়। চাপের ফলে ঘন অ্যামোনিয়ার উপরে শীতল জল ছড়াইয়া তাপ হ্রাস করা হয়। এই তরল অ্যামোনিয়া একটি ভাল্‌ভের মাধ্যমে হিমায়ক হইতে পাঠান হয় সম্প্রসারক কুণ্ডলীটির (expansion coil) মধ্যে। এই কুণ্ডলী ডুবানো থাকে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত লবণ-জলে এবং লবণ-জলের মধ্যে ডুবানো থাকে পরিস্রুত জল-ভরা চৌকোণা-ট্যাংক। অ্যামোনিয়া বাষ্পায়নের ফলে লবণ-জলের তাপমাত্রা প্রায় $-33°C$ তাপাংকে নামিয়া যায় এবং ট্যাংকে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়। বাষ্পায়িত অ্যামোনিয়া আবার চাপকের সাহায্যে হিমায়কে পাঠাইয়া তরল করা হয়। বিনা অপচয়ে একই অ্যামোনিয়া বার বার ব্যবহার করা হয় বলিয়া বরফ সস্তা দামে বিক্রি করা সম্ভব।

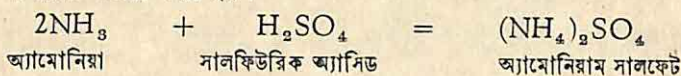
ঔষধ ও খাদ্যদ্রব্যাদি রক্ষার জন্য হিমায়ক বা রেফ্রিজারেটার (refrigerator) ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে অনেক রেফ্রিজারেটারে মিথাইল ক্লোরাইড, তরল সালফার ডাই-অক্সাইড, তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদিও ব্যবহার করা হয়।

বরফ প্রস্তুতির যন্ত্র ও ব্যবস্থা

অ্যামোনিয়ার লবণ (Ammonium salt)

বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্ষারধর্মী অ্যামোনিয়া বিভিন্ন লবণ গঠনে সক্ষম। অ্যামোনিয়ার বিভিন্ন লবণ স্থায়ী যৌগিক পদার্থ। বিভিন্ন লবণের

মধ্যে অ্যামোনিয়া জোটবদ্ধ থাকে **অ্যামোনিয়াম** (NH_4)-**মূলক** রূপে। অ্যামোনিয়ার বিভিন্ন লবণ বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া তৈরী করা যায়। কিন্তু অ্যামোনিয়ার লবণগুলি অধিক পরিমাণে তৈরী করার জন্য সরাসরি ভাবে অ্যামোনিয়া ব্যবহার করার বদলে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতিতে প্রস্তুত অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] লবণটি ব্যবহার করা হয়।

(i) **অ্যামোনিয়াম সালফেট** [Ammonium sulphate $(NH_4)_2SO_4$]: সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়।

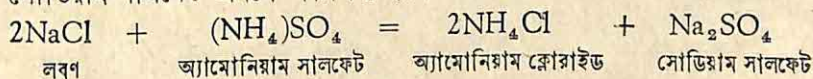
$$\underset{\text{অ্যামোনিয়া}}{2NH_3} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} = \underset{\text{অ্যামোনিয়াম সালফেট}}{(NH_4)_2SO_4}$$

জলের মধ্যে ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) চূর্ণ মিশাইয়া তার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলেও অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট তৈরী হয়। ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষেপরূপে নীচে পড়িয়া যায়। যথা:

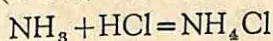
$$\underset{\text{অ্যামোনিয়া গ্যাস}}{2NH_3} + \underset{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইড}}{CO_2} + \underset{\text{জল}}{H_2O} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম সালফেট}}{CaSO_4} = \underset{\text{অ্যামোনিয়াম সালফেট}}{(NH_4)_2SO_4} + \underset{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow}$$

সিন্ধ্রী সারের কারখানায় এই উপায়ে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদন করা হইয়া থাকে।

ব্যবহার (Uses) এই স্ফটিকাকার স্বচ্ছ অ্যামোনিয়াম সালফেট পদার্থটি কৃষিকার্যে অতি প্রয়োজনীয় সাররূপে, রসায়নাগারের কাজে এবং অ্যামোনিয়ার অন্যান্য লবণ তৈরী করার জন্য প্রচুর পরিমাণে ব্যবহার করা হয়।

(ii) **অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড** [Ammonium chloride (NH_4Cl)]: অ্যামোনিয়াম সালফেটের সঙ্গে সোডিয়াম ক্লোরাইড তথা সাধারণ লবণের বিক্রিয়ায় পাওয়া যায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা নিশাদল। সোডিয়াম সালফেটের দ্রবণীয়তা কম। তাই বিক্রিয়ার পরে দ্রবণ ঠাণ্ডা করিলে সোডিয়াম সালফেট প্রথমে অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা:

$$\underset{\text{লবণ}}{2NaCl} + \underset{\text{অ্যামোনিয়াম সালফেট}}{(NH_4)SO_4} = \underset{\text{অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড}}{2NH_4Cl} + \underset{\text{সোডিয়াম সালফেট}}{Na_2SO_4}$$

সরাসরি অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়াও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড তৈরী করা যায়।

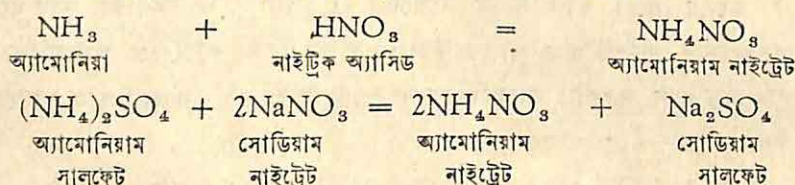
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

ব্যবহার (Uses): ধাতব পাত্রে ঝালা দেওয়ার কাজে এবং টিনের মুখ আট্‌কাইবার জন্য শুকনো ব্যাটারী তৈরী করার প্রয়োজনে, রঙ করা ও ছাপার কাজে, দস্তালেপন ক্রিয়ায়, ঔষধ তৈরী করার জন্য এবং রসায়নাগারের কাজে প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড নামের এই সাদা ও স্ফটিকাকার পদার্থটি ব্যবহার করা হয়।

(ii) **অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট** [Ammonium nitrate—NH_4NO_3]: অ্যামোনিয়াম ও নাইট্রিক অ্যাসিড অথবা অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট তৈরী করা হয়। বিক্রিয়ার পরে দ্রবণ ঠাণ্ডা করিলে প্রথমে সোডিয়াম সালফেট স্ফটিকাকারে [Na_2SO_4, $10H_2O$] পৃথক হইয়া যায়। যথা:

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

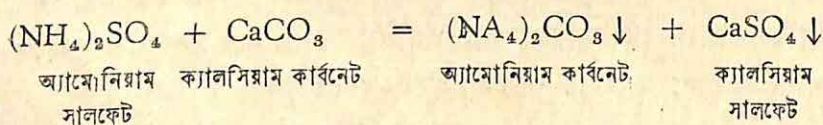
অ্যামোনিয়া + নাইট্রিক অ্যাসিড = অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = 2NH_4NO_3 + Na_2SO_4$$

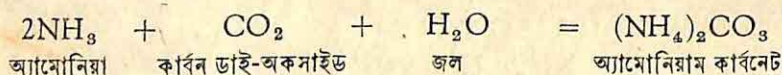
অ্যামোনিয়াম সালফেট + সোডিয়াম নাইট্রেট = অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট + সোডিয়াম সালফেট

ব্যবহার (Uses): ইহা সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে ইহা প্রচণ্ড বিস্ফোরণে ফাটিয়া পড়ে এবং নাইট্রাস অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। তাই, এই যৌগটিকে বিস্ফোরকরূপে ব্যবহার করা হয়।

(iv) **অ্যামোনিয়াম কার্বনেট** [Ammonium carbonate—$(NH_4)_2CO_3$]: অ্যামোনিয়াম সালফেটের সঙ্গে খড়িমাটি তথা ক্যালসিয়াম কার্বনেট-চূর্ণ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়াম কার্বনেট উৎক্ষিপ্ত অর্থাৎ ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া যায়। কারণ, ইহা প্রথমে গ্যাসরূপে উৎপন্ন হইয়া পরে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। যথা:

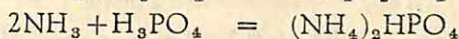
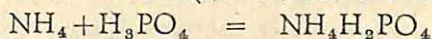
$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 = (NA_4)_2CO_3\downarrow + CaSO_4\downarrow$$

অ্যামোনিয়াম সালফেট + ক্যালসিয়াম কার্বনেট = অ্যামোনিয়াম কার্বনেট + ক্যালসিয়াম সালফেট

ইহা সজল কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়ার সংযোগে তৈরী করা যায়। যথা:

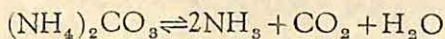
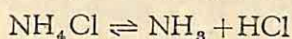
$$2NH_3 + CO_2 + H_2O = (NH_4)_2CO_3$$

অ্যামোনিয়া + কার্বন ডাই-অকসাইড + জল = অ্যামোনিয়াম কার্বনেট

ব্যবহার (Uses) : এই সাদা বর্ণের স্ফটিকাকার অ্যামোনিয়াম কার্বনেট যৌগটিকে ঔষধরূপে, গন্ধী-লবণ বা স্মেলিং সল্টরূপে, সেঁকিবার বেকিং পাউডার তৈরী করার জন্য, রঞ্জন-শিল্প এবং রসায়নাগারের কাজে ব্যবহার করা হয়। ইহা একটি উদ্বায়ী পদার্থ।

অ্যামোনিয়াম ফসফেট [Ammonium phosphate—$(NH_4)_3PO_4$] : ফসফরিক অ্যাসিডে তিনটি হাইড্রোজেন বর্তমান (H_3PO_4), তাই অ্যামোনিয়া এই অ্যাসিডের সঙ্গে একটি প্রশম ও দুইটি বাই-লবণ গঠন করে।

$$NH_4 + H_3PO_4 = NH_4H_2PO_4$$
$$2NH_3 + H_3PO_4 = (NH_4)_2HPO_4$$
$$3NH_3 + H_3PO_4 = (NH_4)_3PO_4$$

ব্যবহার (Uses) : এই লবণ সাররূপে, রাসায়নিক বিকারকরূপে, অগ্নিসহ তন্তু নির্মাণে এবং ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

অ্যামোনিয়াম লবণের তাপ-বিয়োজন : অ্যামোনিয়ার বিভিন্ন লবণের মধ্যে অনেক লবণ উচ্চ তাপে বিয়োজিত (dissociated) হইয়া যায়, কিন্তু শীতল করিলে বিযুক্ত যৌগগুলি আবার সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে (NH_4Cl) উচ্চ তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে ইহা অ্যামোনিয়া (NH_3) ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)-রূপে বিয়োজিত হইয়া যায় এবং শীতল করিলে উপাদান দুইটি পুনর্মিলিত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) গঠন করে। অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের ক্ষেত্রেও একই রকম বিক্রিয়া ঘটে। যথা :

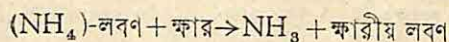
$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$
$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_3 + CO_2 + H_2O$$

তাপ-বিয়োজন (Thermal dissociation) : উচ্চ তাপের প্রভাবে কোন যৌগিক অণু যদি একাধিক সরল অনুরূপে বিয়োজিত হইয়া যায় এবং সদ্য উৎপন্ন সেই সরল অণুর মিশ্রণকে শীতল করিলে তাহারা সম্মিলিত হইয়া যদি পুনরায় মূল যৌগিক অণুটি পুনর্গঠিত করিতে সক্ষম হয় তবে সেই প্রতিমুখী (reversible) রাসায়নিক ক্রিয়াকে **তাপ-বিয়োজন বা থারমেল্ ডিসোসিয়েশন** বলা হয়। [তৃতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য]

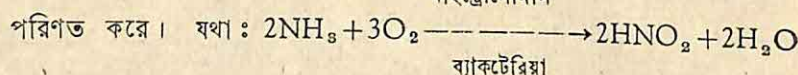
[উল্লিখিত উদাহরণ ছাড়া ক্যালসিয়াম কার্বনেটের-ক্ষেত্রেও এরূপ তাপ-বিয়োজন ক্রিয়া ঘটে : $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$]

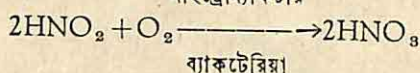
জমিতে অ্যামোনিয়া লবণের জারণক্রিয়া

(Oxidation of ammonium salt in soil)

(i) সাররূপে অ্যামোনিয়াম লবণ কৃষিজমির মাটির সঙ্গে মিশাইবার পরে মাটির ক্ষারীয় পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। যথা ঃ

$$(NH_4)\text{-লবণ} + \text{ক্ষার} \rightarrow NH_3 + \text{ক্ষারীয় লবণ}$$

(ii) মাটিতে প্রাপ্ত একপ্রকার ব্যাকটেরিয়া (নাইট্রোসোমাস ব্যাকটেরিয়া) অ্যামোনিয়াকে বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে জারিত করিয়া নাইট্রাস অ্যাসিডে পরিণত করে। যথা :

$$2NH_3 + 3O_2 \xrightarrow[\text{ব্যাক্টেরিয়া}]{\text{নাইট্রোসোমাস}} 2HNO_2 + 2H_2O$$

(iii) এই নাইট্রাস অ্যাসিডকে বায়ুর অক্সিজেন নাইট্রোব্যাকটার নামের আরেক প্রকার ব্যাকটেরিয়ার সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করে। যথা :

$$2HNO_2 + O_2 \xrightarrow[\text{ব্যাকটেরিয়া}]{\text{নাইট্রোব্যাকটার}} 2HNO_3$$

(iv) এই নাইট্রিক অ্যাসিড মাটির ক্ষারীয় পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ গঠন করে। উদ্ভিদ্ এই নাইট্রেট লবণ সাররূপে গ্রহণ করিয়া দেহবর্ধক প্রোটিন গঠন করে।

(v) একাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড আরেক প্রকার ব্যাকটেরিয়ার প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়।

প্রশ্ন

1. রসায়নাগারে অ্যামোনিয়া কি প্রকারে তৈরী করা হয়? অ্যামোনিয়া গ্যাস বিশুদ্ধ অবস্থায় কি প্রকারে সংগ্রহ করা হয়? এই পদ্ধতির যন্ত্রের চিত্র অঙ্কন কর। ইহার প্রধান প্রধান ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

[*H. S. Exam. 1960*]

2. রসায়নাগারে বিশুদ্ধ অবস্থায় অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতি ও সংগ্রহ-পদ্ধতি বর্ণনা কর। (a) জলে অ্যামোনিয়ার অতি দ্রবণীয়তা; (b) ইহার ক্ষারীয় ধর্ম এবং (c) দাহক বা দহনশীলতা একটি একটি পরীক্ষা দ্বারা বর্ণনা কর।

অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত করিবার শর্ত কি বর্ণনা কর। অ্যামোনিয়া কি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরাস পেন্টক্সাইড দ্বারা বিশুষ্ক করা যায়? [*H. S. Exam. 1962*]

3. অ্যামোনিয়া কি কি পন্থায় উহার মৌল হইতে তৈরী করা যায়? (পন্থার কারণ বিশ্লেষণের প্রয়োজন নাই)। পরীক্ষা সহকারে বর্ণনা কর—(a) অ্যামোনিয়া জলে অতি-দ্রবণীয় এবং লিটমাস কাগজে ক্ষারীয়ধর্মী; (b) অক্সিজেনের আধিক্যে অ্যামোনিয়ার প্রজলন। [*H. S. Exam. 1963*]

4. রসায়নাগারে বিশুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস কি প্রকারে তৈরী করা হয়? যন্ত্রটি চিত্র সহ দেখাও। পরীক্ষার দ্বারা বর্ণনা কর—(a) ইহার অক্সিজেনে প্রজ্বলন এবং (b) জলে অতি-দ্রবণশীল। (a) এবং (b) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ কি কি? অ্যামোনিয়া অথবা অ্যামোনিয়াম যৌগের ব্যবহারের তুইটি করিয়া উদাহরণের উল্লেখ কর। [*H. S. Exam. (Comp.) 1965*]

5. অ্যামোনিয়াম মৌল হইতে উহার বাণিজ্যিক উৎপাদনের এবং অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের তত্ত্ব বিবৃত কর। অ্যামোনিয়াম লবণের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

[*H. S. Exam. 1966*]

6. বরফ তৈরী করিতে অ্যামোনিয়া কি ভাবে ব্যবহার করা হয়? অ্যামোনিয়া সনাক্তকরণের বিশিষ্ট পরীক্ষা কি? অ্যামোনিয়াম লবণের বিয়োজন দ্বারা কি বোঝ? উদাহরণ দাও ও বিক্রিয়া লেখ।

7. (i) জিংক সালফেট, (ii) $CuSO_4$, (iii) $FeCl_3$ এবং (iv) নেস্লার দ্রবণের সাথে অ্যামোনিয়ার সংযোগে কি ঘটে লিখ।

8. সোডিয়াম নাইট্রেট এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে এবং অ্যামোনিয়াম ও বায়ুর মিশ্রণ উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর চালিত করিলে কি ঘটিবে লিখ।

———

নাইট্রিক অ্যাসিড

পরিচয়ঃ সোরা ও চিলির লবণের পরিচয় অনেক আগেই জানা ছিল। সোরার রাসায়নিক নাম পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) এবং চিলির লবণ বা চিলি সল্টপিটারের নাম সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$); অ্যামোনিয়া জারণ পদ্ধতি এবং সংশ্লেষণী পদ্ধতি আবিষ্কারের আগে পটাসিয়াম নাইট্রেট ও সোডিয়াম নাইট্রেট ছিল নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির প্রধান উপাদান।

নাইট্রোজেনের অ্যাসিডের নাম নাইট্রিক অ্যাসিড। নাইট্রিক অ্যাসিড এমন একটি তেজী তরল যাহার মধ্যে সোনা বা প্লাটিনামের ন্যায় কয়েকটি ছাড়া প্রায় সব ধাতুই দ্রবীভূত হইয়া যায়। পূর্বে তাই নাইট্রিক অ্যাসিডের নাম ছিল **তেজী জল**—গ্রীক ভাষায় যাকে বলা হইত, **'অ্যাকোয়া ফরটিস'** (aqua fortis)। নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার উপায় অ্যালকেমিস্টদের জানা ছিল। আরব রসায়নী জবির-ইবন-হাইয়ান **সোরা** (nitre) **হিরাকস** (ferrous sulphate), **ফটকিরি** (alum) একসঙ্গে পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করেন। সতর শতকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোরা জ্বাল দিয়া বিজ্ঞানী গ্লবার (Glauber) আধুনিক পন্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন। ল্যাভয়সিয়ার প্রথম প্রমাণ করেন যে, নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেন আছে।

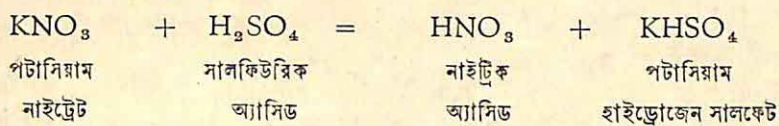
বিজ্ঞানী গে-লুসাক (Gay-Lussac) নাইট্রিক অ্যাসিডের ফর্মুলা স্থির করেন —HNO_3 ; তাই, নাইট্রিক অ্যাসিডের **আণবিক ওজন** ঃ

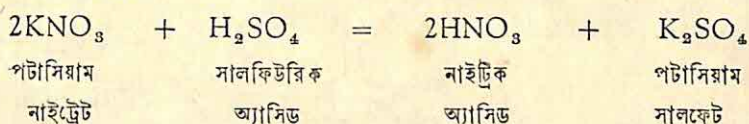
$$1+14+3\times16=63.$$

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Occurrence)ঃ বায়ুমণ্ডলে অল্প পরিমাণে মুক্ত নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। অধিকাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যাসিডরূপে নয়, —পাওয়া যায় অ্যাসিডের নাইট্রেট লবণরূপে। সোরা পাওয়া যায় পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) রূপে এবং দক্ষিণ আমেরিকার চিলি দেশে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) পাওয়া যায়। ইহার নাম **চিলি সল্টপিটার** (Chile salt petre) বা চিলির লবণ। সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া এইসব লবণ হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়।

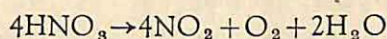
রসায়নাগারের প্রস্তুতি (Laboratory process)ঃ রসায়নাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা হয় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সোরা বা

চিলির লবণ অর্থাৎ পটাসিয়াম বা সোডিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া। বিক্রিয়াটি প্রথম পর্যায়ে ঘটে এইভাবে :

KNO_3	+ H_2SO_4 =	HNO_3	+ $KHSO_4$
পটাসিয়াম নাইট্রেট	সালফিউরিক অ্যাসিড	নাইট্রিক অ্যাসিড	পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট

অ্যাসিড উৎপাদনের বিক্রিয়াটি অসম্পূর্ণ রাখা হয়। সম্পূর্ণ হইলে বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবে :

$2KNO_3$	+ H_2SO_4 =	$2HNO_3$	+ K_2SO_4
পটাসিয়াম নাইট্রেট	সালফিউরিক অ্যাসিড	নাইট্রিক অ্যাসিড	পটাসিয়াম সালফেট

বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করিবার জন্য উচ্চ তাপের দরকার। কিন্তু উচ্চতাপে বিক্রিয়াটি করা হয় না এইজন্য যে :

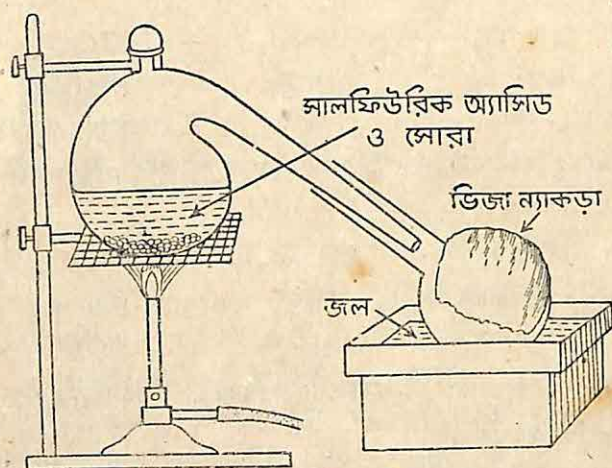
(i) উচ্চ তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ইহা ভাঙ্গিয়া আবার নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জল তৈরী করে। যথা :

$$4HNO_3 \rightarrow 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প বিক্রিয়া পাত্রের কাচের দেওয়াল ক্ষয় করে।

(iii) পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ($KHSO_4$) যৌগটি বিক্রিয়া-পাত্রে তরল অবস্থায় থাকে। তাই বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত রিটর্ট হইতে ইহা বাহির করা সহজ কিন্তু শীতল অবস্থায় পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) কঠিন আকারে রিটর্টের মধ্যে জমিয়া দানাদার হইয়া যায় বলিয়া বাহির করা কষ্টকর।

নাইট্রিক অ্যাসিড অধিকতর উদ্বায়ী (volatile) বলিয়া অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নাইট্রেট লবণ বিশ্লিষ্ট করিয়া ইহার উৎপাদন সম্ভব হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উদ্বায়ী এবং বিজারক হওয়ায় ইহা সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ব্যবহার করা চলে না।

প্রস্তুতি : একটি বকযন্ত্র বা রিটর্টে অল্প পরিমাণে পটাসিয়াম নাইট্রেট লওয়া হয় এবং ইহার মধ্যে প্রায় সমপরিমাণে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশান হয়। বকযন্ত্রটি ধারকের সাহায্যে তারজালের উপর বসাইয়া বকযন্ত্রের গলাটি একটি গোলাকার ফ্লাস্কের ভিতর ঢুকানো হয়। ফ্লাস্কটি একটি জলভরা পাত্রের মধ্যে রাখিয়া জলধারা দিয়া বা ভিজা ন্যাকড়া জড়াইয়া উহা শীতল করা হয়।

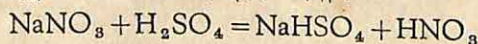
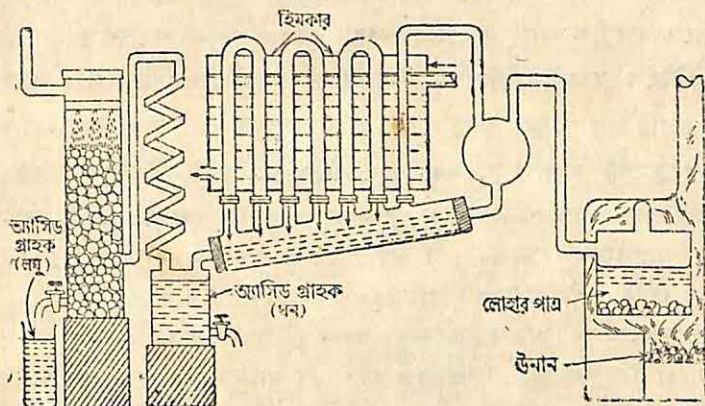
বুনসেন দীপের সাহায্যে রিটর্টে অবস্থিত পটাসিয়াম নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে রিটর্টের মধ্যে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং গ্যাস রূপে নির্গত হইয়া গ্রাহক ফ্লাস্কের মধ্যে গিয়া জমা হয়। এই অ্যাসিড-বাষ্প গ্রাহক ফ্লাস্কের শীতল পরিবেশে তরল নাইট্রিক অ্যাসিতে পরিণত হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

রসায়নাগারে তৈরী নাইট্রিক অ্যাসিড দেখিতে হরিদ্রাভ। কারণ, এরূপ বিক্রিয়ায় সদ্য উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের সামান্য অংশ তাপের প্রভাবে ভাঙ্গিয়া কিছু নাইট্রোজেনের ডাই-অক্সাইডও (NO_2) তৈরী হয়। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের রঙ বাদামী বা পীত। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড মিশ্রণের ফলে রসায়নাগারে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণ হরিদ্রাভ। কিন্তু বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন। পীত বর্ণের নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে বায়ু প্রবাহিত করিলে অথবা কিছুক্ষণ ফুঁ দিলে ইহা বর্ণহীন হইয়া যায়। কারণ, এরূপ প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন ডাই-অকসাইড বায়ুর সঙ্গে উবিয়া যায়।

বৃহদায়তন বা বাণিজ্যিক পদ্ধতি

(Large scale manufacturing or commercial process)

1. **পাতন পদ্ধতি** (Distillation process) ঃ রসায়নাগারের একই রাসায়নিক পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া বৃহদায়তনেও নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। সোডিয়াম নাইট্রেট ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এক সঙ্গে উত্তপ্ত করিয়া তৈরী করা হয় গ্যাসীয় নাইট্রিক অ্যাসিড। এই গ্যাসীয় অ্যাসিড ঠাণ্ডা করিলে তরল নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হয়। যথা ঃ

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

বৃহদায়তন লোহার পাত্রে ভরা হয় 40—50 মণ সোডিয়াম নাইট্রেট এবং পর্যাপ্ত পরিমাণে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড। এই লোহার পাত্রটি ঢাকা থাকে অপর একটি ইটের তৈরী কক্ষের মধ্যে। পাত্রটিকে চুল্লীর শিখায় প্রায় 200°C তাপাংকে গরম করা হয়। চুল্লীর উত্তাপে ইটের কক্ষটিও উত্তপ্ত হয়। সোডিয়াম

পাতন পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হয় তাহা বাষ্পের আকারে লোহার পাত্র হইতে নির্গত হইয়া যায়। [নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পীয় অবস্থায় লোহার পাত্রকে ক্ষয় করিতে পারে না।]

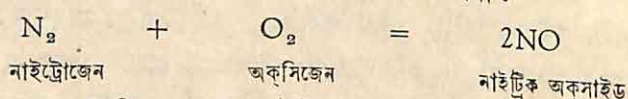
লোহার পাত্র হইতে নির্গত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড-বাষ্প প্রবেশ করে পর পর সাজানো হিমকার বা কন্‌ডেন্‌সার (condenser) নলে। এরূপ নলে নাইট্রিক অ্যাসিড-বাষ্প আংশিকভাবে ঠাণ্ডা হইয়া তরল অ্যাসিডে পরিণত হইয়া হিমকারের তলায় অবস্থিত প্রথম গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। অবশিষ্ট অ্যাসিড-বাষ্প প্রবেশ করে একটি পাথর-কুচিভরা স্তম্ভ বা টাওয়ারে। এই টাওয়ারে উপর হইতে ঝরানো হয় শীতল জলধারা এবং কনডেন্‌সার বা হিমকার নল হইতে আগত অবশিষ্ট অ্যাসিড-বাষ্প নীচের দিক হইতে স্তম্ভের উপরের দিকে উত্থিত হয়। তাই, টাওয়ারের মধ্যে জল ও অ্যাসিড-বাষ্পের মিশ্রণে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রস্তুত হয়। এই লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড সংগৃহীত হয় দ্বিতীয় গ্রাহক পাত্রে। সুতরাং প্রথম গ্রাহক পাত্রে সংগৃহীত নাইট্রিক অ্যাসিড —**ঘন** (conc.), এবং দ্বিতীয় পাত্রে সংগৃহীত অ্যাসিড—**লঘু** (dilute)।

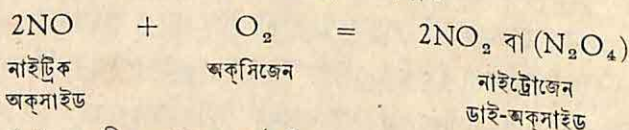
অ্যাসিড-বাষ্পের সঙ্গে কিছু কিছু নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডও তৈরী হয়। এই ডাই-অক্সাইড টাওয়ারের মধ্যে জলের সঙ্গে মিশিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এরূপ অ্যাসিডের সঙ্গে কিছু পরিমাণে পীতবর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া এরূপ পদ্ধতিতে প্রস্তুত অ্যাসিডের বর্ণ দেখিতে হরিদ্রাভ। আমাদের দেশে বেঙ্গল কেমিক্যাল ফ্যাক্টরীতে এই পাতন পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়। পাতন পদ্ধতিতে সোডিয়াম সালফেটরূপে যে বাই-প্রোডাকট্ বা উপজাত পদার্থ তৈরী হয় তাহা ফটকিরি তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

সংশ্লেষণী পদ্ধতি (Synthetic process): বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মূল উপাদানরূপে ব্যবহার করিয়া সংশ্লেষণী পন্থায় বৃহদায়তনে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশ (Cavandish) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে বিদ্যুৎ চালাইয়া দেখেন যে, মৌলিক পদার্থ দুইটি যুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড (NO) গঠন করে।

ক্যাভেনডিশের মূল পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া প্রথমে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণে বিদ্যুৎ চালাইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া তৈরী করে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) বা টেট্রক্সাইড (N_2O_4); এরূপ নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করে। এই পদ্ধতিকে বৃহদায়তনে প্রয়োগ করিয়া সংশ্লেষণী পন্থায় নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়। এই পন্থায় বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে:

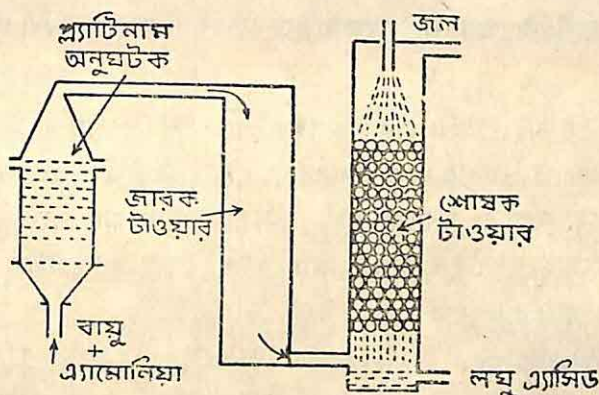
(ক) প্রথম পর্যায়ে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে বিদ্যুৎ চালাইয়া নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী করা হয়। যথা:

$$\underset{\text{নাইট্রোজেন}}{N_2} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2} = \underset{\text{নাইট্রিক অক্সাইড}}{2NO}$$

(খ) দ্বিতীয় পর্যায়ে নাইট্রিক অক্সাইড ও বায়ুর অক্সিজেনের সহযোগে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা:

$$\underset{\text{নাইট্রিক অক্সাইড}}{2NO} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2} = \underset{\text{নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড}}{2NO_2 \text{ বা } (N_2O_4)}$$

(গ) তৃতীয় পর্যায়ে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া নাইট্রিক-অ্যাসিড তৈরী করা হয়। যথা:

$$\underset{\text{নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড}}{3NO_2} + \underset{\text{জল}}{H_2O} = \underset{\text{নাইট্রিক অ্যাসিড}}{2HNO_3} + \underset{\text{নাইট্রিক অক্সাইড}}{NO}$$

এরূপ সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে আগে নরওয়ে, জার্মানী ইত্যাদি দেশে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা হইত। এই পদ্ধতি **বার্কল্যাণ্ড অ্যাণ্ড আইড ইলেক্‌ট্রিক আর্ক পদ্ধতি** (Birkeland and Eyde electric arc process) নামেও পরিচিত। ইলেক্‌ট্রিক আর্কের (arc) সাহায্যে 3000°C তাপাংকে নাইট্রোজেন ও অক্‌সিজেনের (N_2+O_2) মিশ্রণ হইতে নাইট্রিক অক্‌সাইড (NO) তৈরী করা যায়। এরূপ বিক্রিয়ায় মিশ্রণের শতাংশের এক ভাগ মাত্র নাইট্রিক অক্‌সাইড তৈরী হয়। এরূপ পদ্ধতিতে যে অ্যাসিড তৈরী হয় তাহা লঘু। ইহা অত্যন্ত ব্যয়সাপেক্ষ বলিয়া বর্তমানে প্রচলিত নহে।

3. **অ্যামোনিয়া-জারণ বা ওসট্‌ওয়াল্ড প্রণালী পদ্ধতি** (Ostwald or Ammonia oxidation process): নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন সরাসরি সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়া তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন বিজ্ঞানী হাবার (Haber) এবং

ওসট্‌ওয়াল্ড বা অ্যামোনিয়া-জারণ প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন

সেই অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার প্রণালী আবিষ্কার করেন অপর একজন জার্মান বিজ্ঞানী,—ওসটওয়াল্ড (Ostwald)। আজকাল নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার ইহা একটি প্রধান প্রণালী।

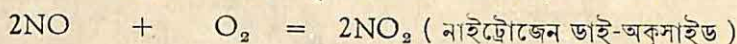
রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical process): (i) এই প্রণালীতে প্রথমে একভাগ বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়ার সঙ্গে আয়তন হিসাবে প্রায় আট ভাগ বিশুদ্ধ বায়ু (1 vol. NH_3 + 8 vol. বায়ু) মিশানো হয়। এই মিশ্রণটি প্লাটিনাম ধাতুর তারজাল-ভরা (platinum gauze) একটি ধাতু-নির্মিত কক্ষে (chamber) পাঠানো হয়।

(ii) এই কক্ষে প্লাটিনামের তারজাল 700°C—900°C তাপাংকে উত্তপ্ত রাখা হয়। এই উত্তপ্ত প্লাটিনামের তারজাল **অনুঘটকের** (catalyst) কাজ করে এবং ইহার সংস্পর্শে 90% অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রিক অক্‌সাইডে

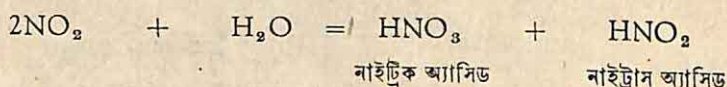
পরিণত হয়। এই কক্ষটিকে তাই বলা হয় **অনুঘটন কক্ষ** (catalyst chamber)। অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেন পরমাণু ও বায়ুর অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে মিশিয়া **নাইট্রিক অক্সাইড** (NO) তৈরী করে এবং ইহার হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া তৈরী করে জল। যথা :

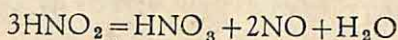
$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

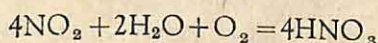
(iii) **অনুঘটন কক্ষের** মধ্যে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হওয়ার পরেও বায়ুর অক্সিজেন উদ্বৃত্ত থাকে। এই উত্তপ্ত নাইট্রিক অক্সাইড ও উদবৃত্ত বায়ু আর একটি শূন্য কক্ষে পাঠানো হয়। এই শূন্য কক্ষ বা **জারক টাওয়ারে** (oxidising tower) নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অবশিষ্ট অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া **নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড** রূপে জারিত হয়। যথা :

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$ (নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড)

(iv) এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং অতিরিক্ত বায়ু একটি কোয়ার্জ পাথর-কুচি-ভরা টাওয়ারের মধ্যে তলার দিক হইতে প্রবাহিত হয় এবং উপর হইতে শীতল জলধারা ঝরানো হয়। নিম্নগামী জলধারার সঙ্গে উর্ধ্বগামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস মিশ্রিত হইয়া তৈরী হয় নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রাস অ্যাসিড। যথা :

$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিড   নাইট্রাস অ্যাসিড

নাইট্রাস অ্যাসিড প্রথম দুইটি টাওয়ারে বিয়োজিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

এই নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং জলধারার বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া :

$$4NO_2 + 2H_2O + O_2 = 4HNO_3$$

জল মিশ্রিত থাকে বলিয়া এই অ্যাসিড বেশ লঘু। এই লঘু অ্যাসিডকে 120°C তাপাংকে ঘন করিয়া 98% করা যায়। 98% ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া পাতিত করা হয়।

ধূমায়মান বা ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming nitric acid) : স্টার্চ বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) এবং ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড একত্র পাতিত করিলে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী হয়। ইহার মধ্যে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহার বর্ণ দেখিতে বাদামী। এরূপ অ্যাসিড হইতে ধূম নির্গত হয়।

বিশুদ্ধ অ্যাসিড (Pure HNO_3) : 98% নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) প্রায় 60°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিয়া ইহার মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিয়া প্রথমে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দূর করা হয়। পরে এই অ্যাসিড—41·3°C তাপাংকে ঠাণ্ডা করিলে বর্ণহীন ও বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড স্ফটিক পড়ে।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন তরল এবং উদ্বায়ী পদার্থ : নাইট্রিক অ্যাসিডের তীব্র গন্ধী বাষ্পে গলা রুদ্ধ হইয়া যায়। উদ্বায়ী পদার্থ বলিয়া স্বাভাবিক তাপেও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প হইয়া উবিয়া যায়।

(ii) বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের গুরুত্ব 1·52 এবং স্ফুটনাংক 86°C ; তরল নাইট্রিক অ্যাসিডকে --41·3°C হিমতায় কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়।

(iii) জলের সঙ্গে যে-কোন অনুপাতে নাইট্রিক অ্যাসিড মিশানো যায়।

(iv) নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে যখন নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড মিশানো থাকে তখন নাইট্রিক অ্যাসিডের রঙ দেখিতে পীত বর্ণের হয় এবং স্বাভাবিক অবস্থায় জলীয় বাষ্পের পরিমণ্ডলে নাইট্রিক অ্যাসিডকে ধূমায়িত হইতে দেখা যায়। হলুদ বর্ণের নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে বায়ু প্রবাহিত করিলে অ্যাসিডে মিশ্রিত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) অপসারিত হয় এবং অ্যাসিড দেখিতে হয় বর্ণহীন ও স্বচ্ছ।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical property) : (1) **ক্ষয়কারক পদার্থ** (corrosive) : নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তেজী অ্যাসিড এবং অত্যন্ত **ক্ষয়কারক পদার্থ**। এই অ্যাসিড গায়ে পড়িলে বেদনাদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে।

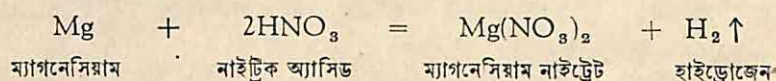
সিল্ক, তুলা, চামড়া ইত্যাদি জৈব পদার্থ এই অ্যাসিডে ক্ষয় হইয়া যায় এবং জৈব পদার্থের গায়ে হলুদ দাগ পড়ে।

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম** (Acidic property) : নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যাসিড ধর্ম প্রমাণ করা যায় এই ভাবে :

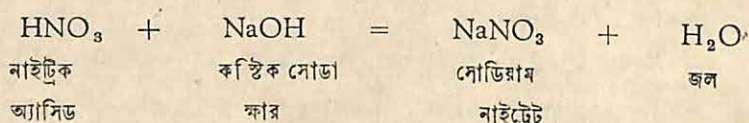
পরীক্ষা : (ক) এক টুকরা নীল লিটমাস কাগজের গায়ে কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড-ফেল ; নীল লিটমাস লাল হইয়া যাইবে।

(খ) একটি পরীক্ষা-নলে অল্প লঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড (1—2%) লও এবং তাহার মধ্যে কিছু ম্যাগনেসিয়াম পাউডার ফেলিয়া দাও। দেখিবে, ভুর ভুর করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে। অ্যাসিড অণুর হাইড্রোজেন ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ গঠন করিবে। যথা :

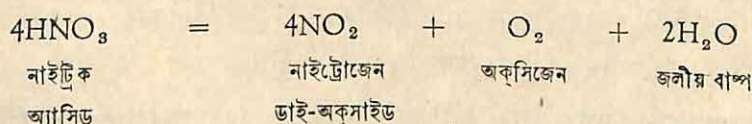
$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2\uparrow$$

ম্যাগনেসিয়াম — নাইট্রিক অ্যাসিড — ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট — হাইড্রোজেন

(গ) একটি পরীক্ষা-নলে লঘু কস্টিক সোডা (NaOH) দ্রবণ লও এবং তাহার মধ্যে নীল লিটমাস মিশাইয়া দাও। এখন একটি ব্যুরেট হইতে কষ্টিক সোডা দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। কিছুক্ষণের মধ্যেই নীল লিটমাস মিশানো দ্রবণ ফিকা হইয়া বেগুনী বর্ণ ধারণ করিবে। অতিরিক্ত অ্যাসিড পড়িলে উহা লাল হইয়া যাইবে। এইভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড কষ্টিক ক্ষারকে শমিত (neutralise) করিয়া লবণ ও জল তৈরী করে। যথা :

$$HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড — কস্টিক সোডা ক্ষার — সোডিয়াম নাইট্রেট — জল

(iii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) : উচ্চ তাপে নাইট্রিক অ্যাসিডের অণু ভাঙ্গিয়া যায়। উত্তপ্ত ঝামা পাথরের (pumice stone) গায় ফোঁটা ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে অ্যাসিডের অণুকণা ভাঙ্গিয়া যায় এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প তৈরী হয়। বিজ্ঞানী শিলী প্রথমে এরূপ পরীক্ষা করেন। যথা :

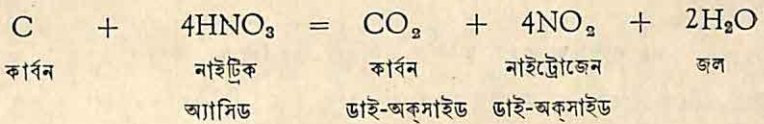
$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন — জলীয় বাষ্প

(iv) **নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা** (Oxidising property)। নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা খুব বেশি। নাইট্রিক অ্যাসিড অণুতে

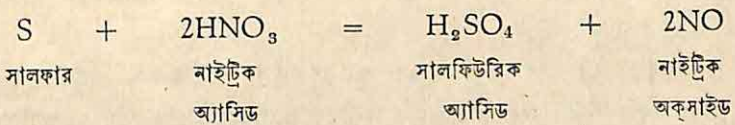
(HNO_3) আছে এক পরমাণু হাইড্রোজেন, এক পরমাণু নাইট্রোজেন এবং তিন পরমাণু অক্সিজেন। তাপের প্রভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া অক্সিজেন (O_2) তৈরী হয়। এই অক্সিজেন সহজেই জারকের কাজ (oxidising agent) করে।

(ক) অঙ্গারের (charcoal) উত্তপ্ত গুড়া, জ্বলন্ত অঙ্গার বা কাঠের জ্বলন্ত কুচি **ঘন ও তপ্ত** নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে ফেলিয়া দিলে ইহারা বিস্ফোরণের আকারে তীব্র শিখায় জলিয়া ওঠে। তপ্ত অঙ্গারকে (C) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) গ্যাসরূপে জারিত করে অর্থাৎ অঙ্গারের কার্বন পরমাণুর সঙ্গে অক্সিজেন পরমাণুকে যুক্ত করিয়া দেয়। যথা:

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

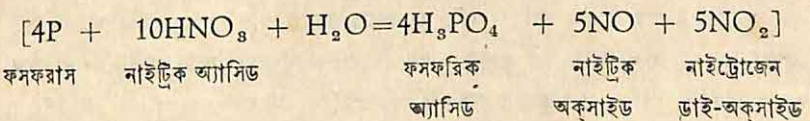
কার্বন, নাইট্রিক অ্যাসিড, কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, জল

(খ) তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে (S) সালফিউরিক অ্যাসিডে (H_2SO_4) পরিণত করে। সালফার পরমাণুর সঙ্গে অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হয় বলিয়া ইহাও জারণ-ক্রিয়ার একটি উদাহরণ। যথা:

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

সালফার, নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অক্সাইড

(গ) ফসফরাসকেও ঘন ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করিয়া ফসফরিক অ্যাসিতে পরিণত করে। যথা:

$$P + HNO_3 \rightarrow H_3PO_4 + \text{অন্যান্য যৌগ}$$

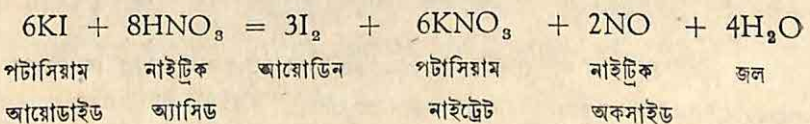
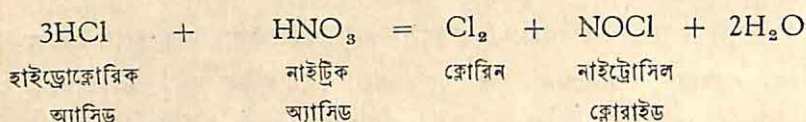
$$[4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2]$$

ফসফরাস, নাইট্রিক অ্যাসিড, ফসফরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

(ঘ) নাইট্রিক অ্যাসিড পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), এই উভয় পদার্থকেই জারিত করিয়া যথাক্রমে আয়োডিন (I_2) ও ক্লোরিন (Cl_2) উৎপাদন করে।

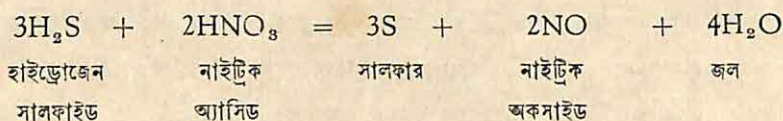
$$6KI + 8HNO_3 = 3I_2 + 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O$$

পটাসিয়াম আয়োডাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, আয়োডিন, পটাসিয়াম নাইট্রেট, নাইট্রিক অকসাইড, জল

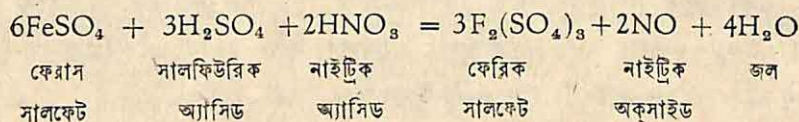
$$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl + 2H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ক্লোরিন, নাইট্রোসিল ক্লোরাইড

(ঙ) তপ্ত বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) হইতে সালফার (S) নির্মুক্ত করে। যথা :

$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 2NO + 4H_2O$$

হাইড্রোজেন সালফাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফার, নাইট্রিক অক্সাইড, জল

(চ) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ফেরাস সালফেটকে ($FeSO_4$) ফেরিক সালফেটে [$Fe_2(SO_4)_3$] জারিত করে।

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3F_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

ফেরাস সালফেট, সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ফেরিক সালফেট, নাইট্রিক অক্সাইড, জল

পরীক্ষা : (i) একটি জারের মধ্যে অল্প ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড লও। **খুব ছোট** এক টুকরা অঙ্গার চিমটা দিয়া ধরিয়া বুনসেন দীপে জ্বালাইয়া জারের নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে ফেলিয়া দাও। জ্বলন্ত অঙ্গার তীব্রভাবে জ্বলিয়া উঠিবে। [অঙ্গারের টুকরা খুব ছোট না হইলে জার ফাটিয়া যাইবে।]

(ii) অ্যাস্‌বেস্‌টস মাখা তারজালের উপর অল্প কাঠের গুঁড়া বা ধানের তুঁষ রাখ এবং বুনসেন দীপের শিখায় ভাজিয়া তুঁষ বা কাঠের গুড়াকে প্রায় কালো করিয়া ফেল। এই কালো ও তপ্ত তুঁষ বা কাঠের গুড়ার উপরে পিপেটের সাহায্যে ফোঁটা ফোঁটা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। দেখিবে তুঁষ বা কাঠ দাউ দাউ করিয়া জ্বলিয়া উঠিবে।

(iii) একটি পোরসেলিনের বাটিতে ধূমায়মান (fuming) নাইট্রিক অ্যাসিড লও। তার মধ্যে পিপেটের সাহায্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া তারপিন তেল ফেল। দেখিবে, তারপিন তেলের প্রতি ফোঁটা পড়ার সঙ্গে সঙ্গে তেল কালো ধোঁয়া ছড়াইয়া দপদপ করিয়া জ্বলিয়া উঠিবে।

(iv) একটি বাটিতে কাপড়ে দেওয়ার নীল (indigo) অল্প জলের সঙ্গে মিশাও এবং তাহার মধ্যে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাল। নীল বর্ণ ফিকা হইয়া যাইবে।

ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া
(Action of nitric acid on metals)

নাইট্রিক অ্যাসিড অতি শক্তিশালী দ্রাবক। সোনা এবং প্লাটিনাম-এর অনুরূপ আরও কয়েকটি ধাতু ছাড়া নাইট্রিক অ্যাসিড সমস্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। অ্যাসিড মাত্রই তেজী (corrosive) পদার্থ। নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রবল জারণ ক্ষমতাও বর্তমান। তাই নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যাসিড-ধর্ম ও জারক-ধর্ম—এই উভয় রাসায়নিক ধর্মই ইহার প্রবল বিকারক শক্তির কারণ। সাধারণত অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও অ্যাসিডের লবণ তৈরী হয়। কিন্তু **অ্যাসিড-ধর্ম ছাড়াও নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রবল জারণ ক্ষমতার জন্য অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়ার সাধারণ নীতি নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে সম্পূর্ণভাবে প্রযোজ্য হয় না।** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়ায় কি কি যৌগ গঠিত হইবে তাহা নির্ভর করে, (ক) ধাতুর প্রকৃতি, (খ) অ্যাসিডের ঘনত্ব (strength), (গ) উৎপন্ন দ্রব্য এবং (ঘ) বিক্রিয়ার উত্তাপের উপরে। যথা :

1. সোনা, প্লাটিনাম এবং এরূপ কয়েকটি ধাতুর সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। এরূপ কয়েকটি ধাতু ছাড়া প্রতিটি ধাতুর সঙ্গে ইহার বিক্রিয়া ঘটে।

2. **ঘন** (concentrated) নাইট্রিক অ্যাসিড লোহা ও ক্রোমিয়াম ধাতুর উপর বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম।

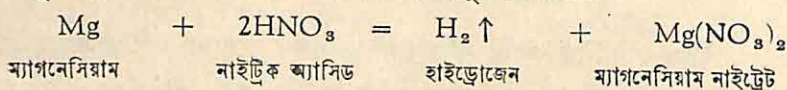
3. **শীতল** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু অতি সামান্য বিক্রিয়া ঘটায়।

4. **লঘু ও শীতল** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ধাতু হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

5. অন্যান্য ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিভিন্ন ঘনত্ব ও বিক্রিয়ায় বিভিন্ন তাপমাত্রার অবস্থায় **নাইট্রেট লবণ** এবং **নাইট্রোজেন অক্সাইড, নাইট্রোজেন বা অ্যামোনিয়াম লবণরূপে নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে।** নাইট্রিক অ্যাসিড একটি জারক দ্রব্য বলিয়া বিক্রিয়ার পরিণামে নিজে বিজারিত হইয়া যায়।

1. **ম্যাগনেসিয়াম** (Mg) **হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :** শীতল ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর বিক্রিয়া :

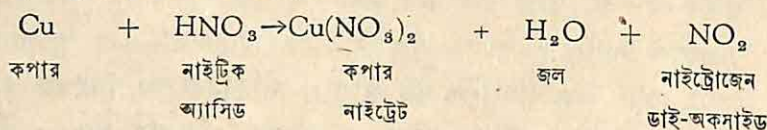
$$Mg + 2HNO_3 = H_2\uparrow + Mg(NO_3)_2$$

ম্যাগনেসিয়াম — নাইট্রিক অ্যাসিড — হাইড্রোজেন — ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট

2. **তামা বা কপার** (Cu) **এবং** HNO_3

(i) **ঘন** (consentrated) **নাইট্রিক অ্যাসিড** (HNO_3) **নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :**

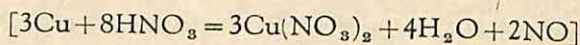
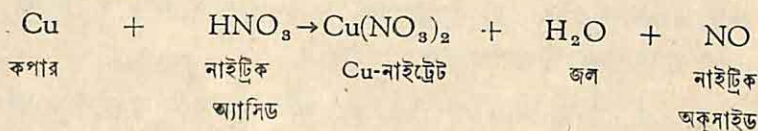
$$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O + NO_2$$

কপার — নাইট্রিক অ্যাসিড — কপার নাইট্রেট — জল — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

$$[Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2]$$

(ii) **শীতল ও মাঝারি ঘন** (1 : 1) HNO_3 **নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে :**

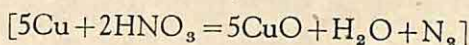
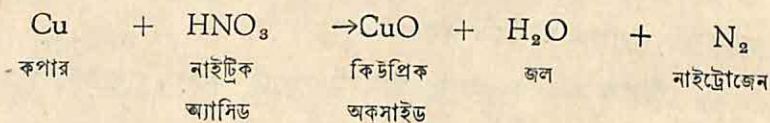
$$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O + NO$$

কপার — নাইট্রিক অ্যাসিড — Cu-নাইট্রেট — জল — নাইট্রিক অক্সাইড

$$[3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO]$$

(iii) HNO_3 **বাষ্পের সহিত উত্তপ্ত** Cu **কুচির বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় :**

$$Cu + HNO_3 \rightarrow CuO + H_2O + N_2$$

কপার — নাইট্রিক অ্যাসিড — কিউপ্রিক অক্সাইড — জল — নাইট্রোজেন

$$[5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2]$$

3. **জিংক** (Zn) **এবং নাইট্রিক অ্যাসিড** (HNO_3)

(i) **ঘন** (conc.) HNO_3 **নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :**

$$Zn + HNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + H_2O + NO_2$$

জিংক — নাইট্রিক অ্যাসিড — জিংক নাইট্রেট — জল — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

$$[Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2]$$

(ii) **শীতল ও লঘু** HNO_3 **অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট** (NH_4NO_3) **উৎপন্ন করে :**

Zn	+	HNO_3	→	$Zn(NO_3)_2$	+	H_2O	+	NH_4NO_3
জিংক		নাইট্রিক অ্যাসিড		জিংক নাইট্রেট		জল		অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট

$$[\ 4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3\ ]$$

(iii) **শীতল ও বেশী লঘু** HNO_3 **নাইট্রাস অক্সাইড** (N_2O) **উৎপন্ন করে :**

Zn	+	HNO_3	→	$Zn(NO_3)_3$	+	H_2O	+	N_2O
জিংক		নাইট্রিক অ্যাসিড		জিংক নাইট্রেট		জল		নাইট্রাস অক্সাইড

$$[\ 4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O\ ]$$

(iv) **শীতল ও অর্ধঘন** (moderate) **নাইট্রিক অ্যাসিড** (HNO_3) **নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে :**

Zn	+	HNO_3	→	$Zn(NO_3)_2$	+	H_2O	+	NO
জিংক		নাইট্রিক অ্যাসিড		জিংক নাইট্রেট		জল		নাইট্রিক অক্সাইড

$$[\ 3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO\ ]$$

4. **আয়রন** (Fe) **এবং নাইট্রিক অ্যাসিড** (HNO_3)

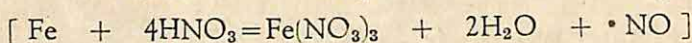
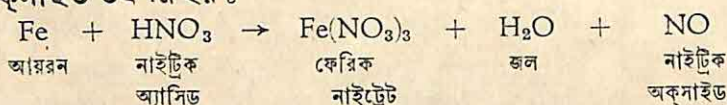
(i) **শীতল ও লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড** (HNO_3) **অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট** (NH_4NO_3) **উৎপন্ন করে :**

Fe	+	HNO_3	→	$Fe(NO_3)_2$	+	H_2O	+	NH_4NO_3
আয়রন		নাইট্রিক অ্যাসিড		ফেরাস নাইট্রেট		জল		অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট

$$[\ 4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3\ ]$$

(ii) **মধ্যম ঘন বা তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড** (HNO_3) **এবং আয়রনের বিক্রিয়ায় ফেরিক নাইট্রেট** [$Fe(NO_3)_3$] **ও নাইট্রিক-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :**

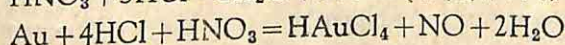
$$\underset{\text{আয়রন}}{Fe} + \underset{\text{নাইট্রিক অ্যাসিড}}{HNO_3} \rightarrow \underset{\text{ফেরিক নাইট্রেট}}{Fe(NO_3)_3} + \underset{\text{জল}}{H_2O} + \underset{\text{নাইট্রিক অক্সাইড}}{NO}$$

$$[\ Fe + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + \cdot NO\ ]$$

(iii) ঘন বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে আয়রনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

নিষ্ক্রিয় লোহা (Passive iron) : লোহা তথা আয়রন লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে সহজেই দ্রবীভূত হইয়া যায়, কিন্তু ঘন বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে আয়রন দ্রবীভূত হয় না। ঘন বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড আয়রনের সঙ্গে প্রাথমিক বিক্রিয়ায় আয়রনের উপরে আয়রন অক্সাইডের একটি আস্তরণ পড়ে। আয়রন অক্সাইডের এই প্রলেপের জন্য অ্যাসিডের সংস্পর্শ না পাইয়া আয়রন নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া আয়রনকে নিষ্ক্রিয় করিবার পরে এই নিষ্ক্রিয় লোহা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে আর দ্রবীভূত হয় না।

অম্লরাজ বা অ্যাকোয়া রিজিয়া (Aqua regia) : নাইট্রিক অ্যাসিড সোনা দ্রবীভূত করিতে পারে না। কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ সোনা দ্রবীভূত করিতে পারে। **তিন আয়তন ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং এক আয়তন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া যে অ্যাসিড মিশ্রণ (3 Vol ঘন HCl + 1 Vol ঘন HNO_3) তৈরী করা হয় সেই মিশ্রণকে বলা হয় অম্লরাজ বা ল্যাটিন ভাষায় অ্যাকোয়া রিজিয়া** ; ইহা একটি উত্তম দ্রাবক। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জায়মান ক্লোরিন নির্গত হইয়া দ্রবণীয় ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। অভিজাত ধাতু (noble metals) সোনা এবং প্লাটিনাম অ্যাকোয়া রিজিয়ায় দ্রবীভূত হয়। বিক্রিয়া :

$$HNO_3 + 3HCl = 2H_2O + NOCl\ (\text{নাইট্রোসিল ক্লোরাইড}) + 2Cl$$

$$Au + 4HCl + HNO_3 = HAuCl_4 + NO + 2H_2O$$

পারদ, কোবাল্ট এবং নিকেল ধাতুগুলির অদ্রবণীয় সালফাইড অ্যাকোয়া রিজিয়ায় দ্রবীভূত করা যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্‌সিজেনের অস্তিত্ব পরীক্ষা

(ক) খুব লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়ায় যে গ্যাসটি তৈরী হয় তাহা আগুনের স্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে। তাই, ইহা **হাইড্রোজেন**।

(খ) তপ্ত তামার উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের গ্যাস চালাইয়া দিলে যে গ্যাসটি পাওয়া যায় তাহা আগুনের স্পর্শে নিজেও জ্বলে না বা আগুনকে জ্বলিতে সাহায্য করে না, এবং এরূপ গ্যাসের মধ্যে আগুন নিভিয়া যায়। তাই, ইহা **নাইট্রোজেন**।

(গ) তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে যে গ্যাসটি তৈরী হয় তাহাতে অক্‌সিজেন ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্‌সাইড পাওয়া যায়। এই মিশ্র গ্যাস জল অপসারিত করিয়া সংগ্রহ করিলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্‌সাইড জলে মিশিয়া যায় এবং অবশেষরূপে পাওয়া যায় শুধু **অক্‌সিজেন গ্যাস**। এই গ্যাস নিজে জ্বলে না কিন্তু ইহার মধ্যে শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি উজ্জ্বল-শিখাসহ জ্বলিয়া ওঠে। তাই, ইহা **অক্‌সিজেন**।

[বিক্রিয়াগুলি আগেই বর্ণনা করা হইয়াছে]

নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণ ঃ নাইট্রেট (Nitrate) ঃ

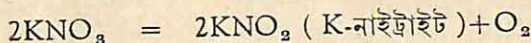
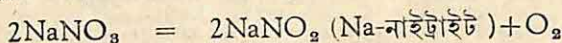
নাইট্রিক অ্যাসিডের লবণকে বলা হয় নাইট্রেট (Nitrate) ; বিভিন্ন ধাতু বা ধাতুর অক্‌সাইডের সঙ্গে সরাসরি নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া ধাতুর নাইট্রেট লবণ তৈরী করা যায়। যথা ঃ

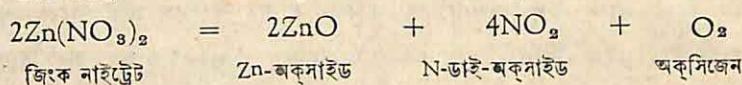
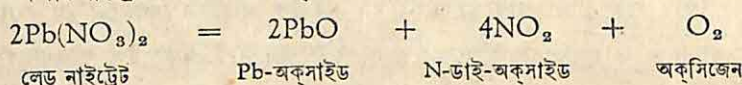
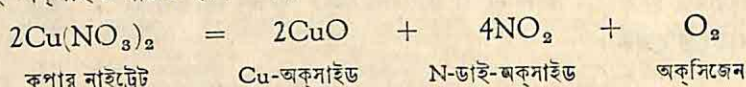
যে কোন নাইট্রেট জলে দ্রবণীয়। নাইট্রেট লবণের দ্রবণীয়তা অন্যান্য লবণের চেয়ে বেশী।

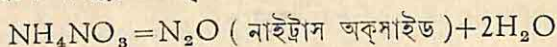
নাইট্রেট লবণের উপরে তাপের প্রভাব (Action heat) : শুষ্ক অবস্থায় উত্তপ্ত করিলে সমস্ত নাইট্রেট লবণ ভাঙ্গিয়া যায় এবং **অক্‌সিজেন** নির্গত হয়।

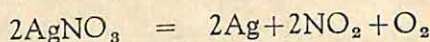
(i) **সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রেট :** সোডিয়াম ও পটাসিয়াম নাইট্রেট তাপের প্রভাবে ভাঙ্গিয়া অকসিজেন এবং নাইট্রাইট নামক যৌগে পরিণত হয়। যথা :

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 \text{ (Na-নাইট্রাইট)} + O_2$$

$$2KNO_3 = 2KNO_2 \text{ (K-নাইট্রাইট)} + O_2$$

(ii) **অন্যান্য ধাতব নাইট্রেট :** তাপের ফলে অন্যান্য ধাতুর নাইট্রেট ভাঙ্গিয়া ধাতুর অক্সাইড, অক্সিজেন ও সাধারণত বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠিত হয়। যথা :

$2Cu(NO_3)_2$	=	$2CuO$	+	$4NO_2$	+	O_2
কপার নাইট্রেট		Cu-অক্সাইড		N-ডাই-অক্সাইড		অক্সিজেন
$2Pb(NO_3)_2$	=	$2PbO$	+	$4NO_2$	+	O_2
লেড নাইট্রেট		Pb-অক্সাইড		N-ডাই-অক্সাইড		অক্সিজেন
$2Zn(NO_3)_2$	=	$2ZnO$	+	$4NO_2$	+	O_2
জিংক নাইট্রেট		Zn-অক্সাইড		N-ডাই-অক্সাইড		অক্সিজেন

(iii) **অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট** (NH_4NO_3) : অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে **নাইট্রাস অক্সাইড** ও জল তৈরী হয়। যথা :

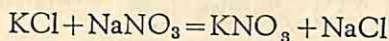
$$NH_4NO_3 = N_2O \text{ (নাইট্রাস অক্সাইড)} + 2H_2O$$

(iv) **সিলভার নাইট্রেট** ($AgNO_3$) : ইহা উত্তাপে ভাঙ্গিয়া ধাতব রূপা, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন তৈরী হয়। যথা :

$$2AgNO_3 = 2Ag + 2NO_2 + O_2$$

নাইট্রেট লবণের ব্যবহার (Uses of nitrate salts) :

ব্যবহারিক প্রয়োজনে সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট সাররূপে, রঞ্জন শিল্পে, বাজি প্রস্তুতির কাজে বিস্ফোরক দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) : ইহা নাইটার (nitre) বা চিলি সল্ট-পিটার (Chile saltpetre) নামে পরিচিত। চিলি দেশে প্রচুর পরিমাণে এই লবণ পাওয়া যায়। পূর্বে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহাই ছিল প্রধান উপাদান।

পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) বা **সল্‌টপিটার** : এই নাইটার লবণটিও খনিজ পদার্থরূপে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহা প্রধানত পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রেটের বিক্রিয়া ঘটাইয়া তৈরী করা হয়। যথা :

$$KCl + NaNO_3 = KNO_3 + NaCl$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট প্রধানত বারুদ তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট [NH_4NO_3] ও **ক্যালসিয়াম নাইট্রেট** [$Ca(NO_3)_2$] প্রধানত সার রূপে ব্যবহার করা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট তৈরী করা হয়। যথা :

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

ইহা বিস্ফোরকরূপেও ব্যবহার করা হয়। কারণ, ইহা (NH_4NO_3) উত্তপ্ত করিলে অতি দ্রুতবেগে ভাঙ্গিয়া যায়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে চুনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম নাইট্রেট তৈরী করা হয়। যথা : $CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণ পরীক্ষা (Test) : (i) একটি পরীক্ষা-নলে নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3) বা যে-কোন নাইট্রেট লবণ লওয়া হয়। ইহার মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ঢালিতে হয়। এই অ্যাসিড মিশ্রণে কয়েক টুকরা তামার কুচি ফেলিয়া পরীক্ষা-নল উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) গ্যাস নির্গত হয় এবং পরীক্ষা-নলের দ্রবণ নীল বর্ণ ধারণ করে।

(ii) **বলয় পরীক্ষা** (Ring test) : একটি পরীক্ষা-নলে নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণের দ্রবণ লওয়া হয় এবং তাহার মধ্যে সদ্য-প্রস্তুত (freshly prepared) ফেরাস-সালফেট ($FeSO_4$) দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণে ঢালা হয়। এখন পরীক্ষা-নলটি কাত করিয়া ধীরে ধীরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ঢালা হয়। দেখা যায়, ফেরাস সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সংগমস্থলে একটি বাদামী রঙের বলয় বা রিং (ring) গঠিত হয়। ফেরাস সালফেট নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রিক অক্সাইডরূপে (NO) বিজারিত করে। এখন নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেটের ($FeSO_4$) সঙ্গে ($FeSO_4$, NO)-রূপে একটি জটিল যৌগ গঠন করে। এই যৌগটির জন্য বলয়ের বর্ণ বাদামী দেখায়।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার (uses of nitric acid) : নাইট্রো-গ্লিসারিন, পিকরিক অ্যাসিড, টি-এন-টি ইত্যাদি বিস্ফোরক প্রস্তুতি, ধাতু

বিগলন ও ধাতুর উপরে লিখন ; সালফিউরিক অ্যাসিড, কৃত্রিম রঙ, নাইট্রেট লবণ ও কৃত্রিম সার প্রস্তুতি ; প্লাস্টিক ও কৃত্রিম রেশম তন্তু তৈরী ; ঔষধ প্রস্তুতি, ব্যাটারী প্রস্তুতি ও ইলেক্‌ট্রোপ্লেটিং, রঞ্জন শিল্প ও রসায়নাগারের কাজ—এরূপ বিভিন্ন প্রয়োজনে প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন

1. রসায়নাগারে পটাসিয়াম নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর। বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। অতি উত্তপ্ত ঝামা-পাথরের উপর ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড বিন্দু বিন্দু করিয়া ফেলিলে কি ঘটিবে ? সংক্ষেপে দুইটি পরীক্ষা দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ধর্মের পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[H. S. Exam. (Comp.) 1960]

2. রসায়নাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির বর্ণনা কর, যন্ত্রের নক্‌শা আঁক এবং সমীকরণ উল্লেখ কর। নাইট্রিক অ্যাসিড অথবা উহার কোন লবণ হইতে কি প্রকারে অক্‌সিজেন এবং নাইট্রোজেন পারক্‌সাইড (ডাই-অক্‌সাইড) পাওয়া যাইবে ? সমীকরণসহ বর্ণনা কর। একটি (a) অধাতু এবং (b) একটি যৌগের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডে জারণ ক্রিয়ার প্রভাবের একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

[H. S. Exam. (Comp.) 1963]

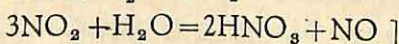
3. বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার প্রণালী বিবৃত কর। অপর একটি প্রণালীতে নাইট্রিক অ্যাসিডের বাণিজ্যিক উৎপাদন বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিডের (a) অ্যাসিড ধর্ম এবং (b) জারণ কার্যকারিকা-শক্তির বিক্রিয়ার একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

[H. S. Exam. 1964]

4. রসায়নাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির বর্ণনা কর। এই অ্যাসিড হইতে (a) নাইট্রিক অক্‌সাইড এবং (b) নাইট্রোজেন ডাই-অক্‌সাইডের নমুনা কি প্রকারে পাইবে উহা বিবৃত কর। এই অক্‌সাইড সমূহ হইতে কি প্রকারে নাইট্রিক অ্যাসিড পুনরায় উৎপন্ন হইবে ?

(a) অঙ্গার এবং (b) ফেরাস সালফেট দ্রবণ—ইহাদের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়া বর্ণনা কর। [H. S. Exam. 1965]

[Hints : নাইট্রিক অক্‌সাইড এবং নাইট্রোজন ডাই-অক্‌সাইড, এই উভয় গ্যাসই অতিরিক্ত বায়ুর সহিত মিশাইয়া জলধারার মধ্যে চালিত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড পুনরায় উৎপন্ন হইবে।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$
$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$]

5. নাইট্রিক অ্যাসিডের বাণিজ্যিক উৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(a) নাইট্রিক অ্যাসিড, (b) লেড নাইট্রেট এবং (c) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট —ইহাদের উপর তাপের প্রভাবে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হইবে ? সমীকরণ লেখ।

[H. S. Exam. (Comp.) 1966]

6. রসায়নাগারে কি প্রকারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ? নাইট্রিক অ্যাসিডের নাইট্রোজেন কি প্রকারে (a) নাইট্রাস অক্সাইড ; (b) নাইট্রিক অক্সাইড ; (c) অ্যামোনিয়া এবং (d) মুক্ত নাইট্রোজেন ইত্যাদি গ্যাসে পরিবর্তিত হইবে ?

[Engineering Degree College Entr. Exam. 1963]

7. নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের অস্তিত্ব কি প্রকারে প্রমাণ করিবে ? অ্যামোনিয়া, চুন, কোক এবং সালফার প্রভৃতির উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কি হয় ?

8. নাইটারের পরিচয় কি ? পটাসিয়াম নাইট্রেট এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট কি প্রকারে তৈরী করিবে ? শুধু নীতি বিবৃত কর। সাধারণ নাইট্রেট-সমূহের ব্যবহার সম্বন্ধে কি জান ? নাইট্রেট-মূলক কি প্রকারে সনাক্ত করিবে ?

9. (i) জলন্ত অঙ্গার নাইট্রিক অ্যাসিডে নিক্ষেপ করিলে, (iii) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড গুড়া সালফারের সহিত উত্তাপে ফুটাইলে, (ii) পটাসিয়াম নাইট্রেট খুব উত্তপ্ত করিলে ; (iv) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট অতি উত্তপ্ত করিলে, (v) নাতিপ্রখর লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড তামার চোকলার সহিত মিশাইলে, (vi) এক টুকরা লৌহ ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে ডুবাইলে, (vii) লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ম্যাগনেসিয়াম ক্রিয়াম্বিত হইলে—কি ঘটিবে, সমীকরণসহ বিবৃত কর।

নাইট্রোজেন অক্সাইডসমূহ ও নাইট্রোজেন চক্র

নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ [Reduction of nitric acid] :

নাইট্রিক অ্যাসিড একটি প্রবল জারক দ্রব্য বা অক্সিডাইজিং এজেণ্ট (oxidising agent)। তাই অন্য পদার্থকে জারিত করার সময় নাইট্রিক অ্যাসিড নিজে বিজারিত হইয়া যায়। এরূপ বিজারণের ফলে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড গঠিত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিভিন্ন অবস্থায় ধাতুর দ্বারা বিজারিত করিলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) এবং নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) তৈরী করা যায়। যথা :

(i) তাপের প্রভাব : $4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$

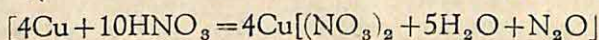
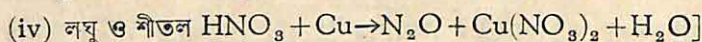
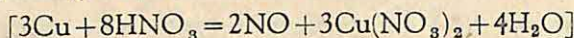
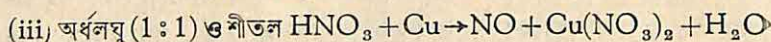
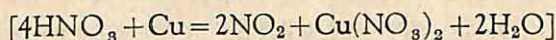
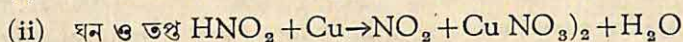
(ii) ঘন ও তপ্ত $HNO_2 + Cu \rightarrow NO_2 + Cu\ NO_3)_2 + H_2O$

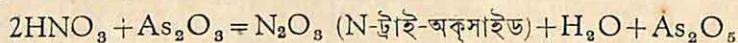
$$[4HNO_3 + Cu = 2NO_2 + Cu(NO_3)_2 + 2H_2O]$$

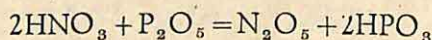
(iii) অর্ধলঘু (1 : 1) ও শীতল $HNO_3 + Cu \rightarrow NO + Cu(NO_3)_2 + H_2O$

$$[3Cu + 8HNO_3 = 2NO + 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O]$$

(iv) লঘু ও শীতল $HNO_3 + Cu \rightarrow N_2O + Cu(NO_3)_2 + H_2O]$

$$[4Cu + 10HNO_3 = 4Cu[(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O]$$

নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে অন্যান্য অক্সাইড : নাইট্রিক অ্যাসিডকে আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) সহ পাতিত করিয়া নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) তৈরী করা যায়। যথা :

$2HNO_3 + As_2O_3 = N_2O_3$ (N-ট্রাই-অক্সাইড) $+ H_2O + As_2O_5$

নাইট্রিক অ্যাসিডকে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) দ্বারা নিরুদিত (dehydrated) করিয়া নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড তৈরী করা যায়। যথা :

$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$

সুতরাং দেখা যায়, নাইট্রোজেনের সব কয়টি অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত (reduced) করিয়া অথবা নিরুদিত (dehydrated) করিয়া তৈরী করা যায়।

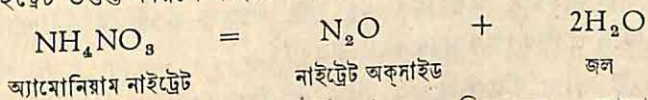
নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড

অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পাঁচ রকম অক্সাইড গঠন করে। কারণ, নাইট্রোজেনের পাঁচ রকম (1, 2, 3, 4, 5) যোজ্যতা বর্তমান। এই অক্সাইড পাঁচটির নাম, ফর্মূলা ও ভৌত ধর্ম নিম্নরূপ :

নাম	ফর্মূলা	ভৌতধর্ম
1. নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	বর্ণহীন গ্যাস : ঠাণ্ডা জলে দ্রবণীয়
2. নাইট্রিক অক্সাইড	NO	বর্ণহীন গ্যাস : জলে অদ্রবণীয়
3. নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	N_2O_3	বাদামী গ্যাস : জলে দ্রবণীয়
4. নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	NO_2	গাঢ় বাদামী গ্যাস : জলে দ্রবণীয়
5. নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড	N_2O_5	সাদা কঠিন পদার্থ : জলে দ্রবণীয়

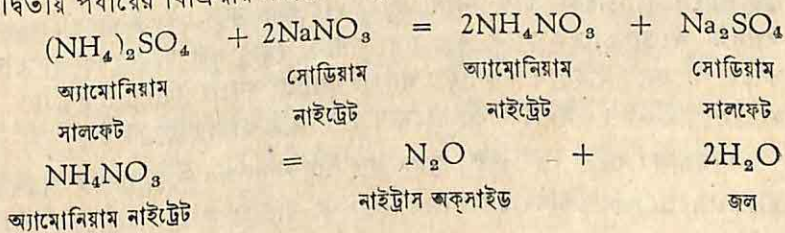
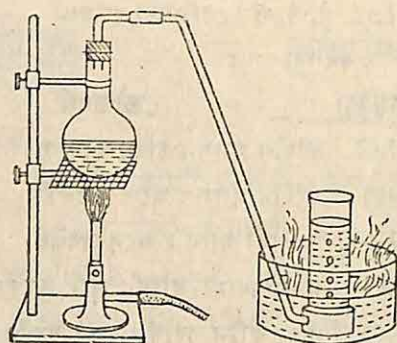
1. নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)

এই অক্সাইডটি প্রথমে তৈরী করেন বৃটিশ বিজ্ঞানী ডেভি। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে নাইট্রাস অক্সাইড ও জল তৈরী হয়। যথা :

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট}}{NH_4NO_3} = \underset{\text{নাইট্রেট অক্সাইড}}{N_2O} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিতে হয়। তাড়াতাড়ি এবং বেশি উত্তপ্ত হইলে অ্যামো নয়াম নাইট্রেট বিস্ফোরণের সহিত ফাটিয়া যায়।

প্রস্তুতি (Preparation) : (i) **রাসায়নিক তত্ত্ব :** অ্যামোনিয়াম-নাইট্রেট দ্রুত উত্তপ্ত করিলে ইহা বিস্ফোরণের সহিত বিক্রিয়া ঘটায় বলিয়া নাইট্রাস অক্সাইডের প্রস্তুতিতে **সতর্কতা** প্রয়োজন। এজন্য সরাসরি অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত না করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] ও সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। প্রথম পর্যায়ে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) তৈরী হয়। এই অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট দ্বিতীয় পর্যায়ের বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) তৈরী করে। যথা :

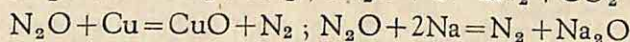
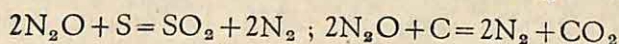
$$\underset{\text{অ্যামোনিয়াম সালফেট}}{(NH_4)_2SO_4} + \underset{\text{সোডিয়াম নাইট্রেট}}{2NaNO_3} = \underset{\text{অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট}}{2NH_4NO_3} + \underset{\text{সোডিয়াম সালফেট}}{Na_2SO_4}$$

$$\underset{\text{অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট}}{NH_4NO_3} = \underset{\text{নাইট্রাস অক্সাইড}}{N_2O} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

(ii) **রসায়নাগারে প্রস্তুতি** (Laboratory Process) : একটি গোলাকারতল ফ্লাস্ক লওয়া হয় এবং কর্কের মাধ্যমে ইহার মুখে একটি নির্গম-নল লাগান হয়। ফ্লাস্কটি ধারকের সাহায্যে তার-জালের উপরে বসান হয়। ফ্লাস্কের মধ্যে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেট মিশ্রণ বুন্‌সেন দীপের সাহায্যে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। এখন নির্গত গ্যাস **গরম জল** সরাইয়া গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা হয়। শীতল জলে নাইট্রাস অক্‌সাইড দ্রবীভূত হয় কিন্তু গরম জলে ইহা অদ্রবণীয়। তাই, গরম জল সরাইয়া এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

নাইট্রাস অক্‌সাইড প্রস্তুতি

ধর্ম : (i) নাইট্রাস অক্‌সাইড মৃদু মিষ্ট গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা শীতল জলে দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে অদ্রবণীয়।

(ii) এই গ্যাস নিজে জ্বলে না কিন্তু অক্‌সিজেনের ন্যায় শিখাহীন জ্বলন্ত পদার্থকে পুনরায় উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে সাহায্য করে। শিখাহীন জ্বলন্ত অঙ্গার, সালফার, ফসফরাস এবং তপ্ত সোডিয়াম, তামা, লোহা ইত্যাদি এই গ্যাসের মধ্যে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিয়া উঠে। উত্তাপের প্রভাবে এই গ্যাস প্রথমে ভাঙ্গিয়া নাইট্রোজেন ও অক্‌সিজেন পরিণত হয় এবং এই অক্‌সিজেন **দাহকের** (supporter of combustion) কাজ করে। যথা ; $2N_2O \rightarrow 2N_2 + O_2$

$2N_2O + S = SO_2 + 2N_2$; $2N_2O + C = 2N_2 + CO_2$

$N_2O + Cu = CuO + N_2$; $N_2O + 2Na = N_2 + Na_2O$

(iii) ইহা একটি নিরপেক্ষ বা প্রশম (neutral) অক্‌সাইড। তাই, এই গ্যাসের সংস্পর্শে জলসিক্ত লিটমাস কাগজের কোন বর্ণান্তর ঘটে না।

(i) নাইট্রাস অক্‌সাইড গ্যাসটিতে শ্বাস নিলে স্নায়বিক উত্তেজনা ঘটে। এই গ্যাসে অতিরিক্ত শ্বাস নিলে জ্ঞান হারাইয়া মৃত্যু হইতে পারে। এই গ্যাসটি অস্ত্রোপচারের কাজে অজ্ঞান বা অসাড় করার জন্য ডাক্তারেরা ব্যবহার করিয়া থাকেন। নাইট্রাস অক্‌সাইড গ্যাসটি **লাফিং গ্যাস** (laughing gas) নামেও পরিচিত। ইহাতে স্বল্প পরিমাণ শ্বাস নিলে হাসির উদ্রেক হয়।

ব্যবহার (uses) : এই গ্যাস দন্ত চিকিৎসা ও অস্ত্রোপচারে বিবশক (anæsthetic) রূপে ব্যবহার করা হয়।

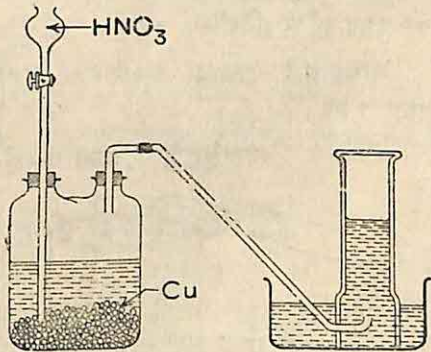
2. নাইট্রিক অক্সাইড (NO)

নাইট্রিক অ্যাসিড এবং ধাতব কপারের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) নামক গ্যাস দুইটি তৈরী করা যায়। এরূপ বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হইবে, না নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তৈরী হইবে, তাহা নির্ভর করে নাইট্রিক অ্যাসিডের ঘনত্বের উপরে। এই গ্যাসটি আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী প্রিস্টলী।

রসায়নাগারে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি (Laboratory process) : **অর্ধ লঘু** (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে কপারের (তামা) বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হয়। যথা :

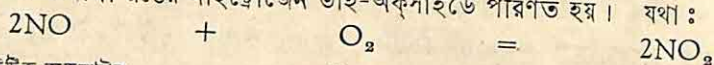
(i) $3Cu + 8HNO_3 = 2NO + 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O$

কপার (অর্ধ-ঘন) নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অক্সাইড, কপার নাইট্রেট, জল

উলফ্ বোতলের মধ্যে কিছু তামার কুচি লওয়া হয় এবং এক মুখে কর্কের সাহায্যে একটি দীর্ঘনল ফানেল লাগান হয় এবং অপর মুখে ফিট করা হয় একটি নির্গম-নল। ফানেলের লম্বানল যেন বোতলের তলা পর্যন্ত স্পর্শ করে। এখন ফানেলের মাধ্যমে অর্ধ-ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড (অর্ধেক জল + অর্ধেক ঘন অ্যাসিড) ঢালিতে হয়। প্রথমে উলফ্ বোতলে বাদামী রঙের গ্যাস তৈরী হইবে। ইহা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড। নির্গম-নল দিয়া এই রঙিন গ্যাস নির্গত হইতে দিতে হয়। ইহার পরে যে গ্যাস তৈরী হয় তাহা বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড। যেভাবে জল সরাইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হয়, সেইভাবে গ্যাসজারে জল সরাইয়া নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। কারণ, নাইট্রিক অক্সাইড জলে অদ্রবণীয়।

নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি

নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্ম : (i) নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বর্ণহীন ও জলে দ্রবণীয়। (ii) এই গ্যাস অতি সহজেই অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। তাই নাইট্রিক অক্সাইড

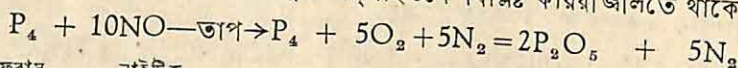
ভরা গ্যাসজারের ঢাকনী সরাইলেই বর্ণহীন গ্যাসটি বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

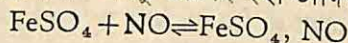
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড　　অক্সিজেন　　নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

উলফ্ বোতলের মধ্যে যে বায়ু থাকে নাইট্রিক অক্সাইড সেই বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে বলিয়াই উলফ্ বোতলের মধ্যে গ্যাসের প্রথম অংশটি দেখিতে বাদামী।

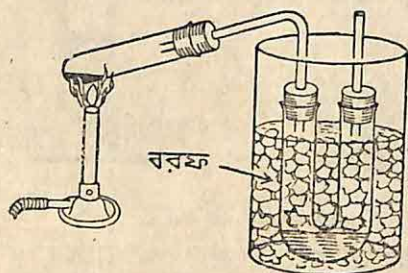
(iii) নাইট্রিক অক্সাইডের মধ্যে জ্বলন্ত অঙ্গার বা গন্ধক রাখিলে তাহা নিভিয়া যায়। কিন্তু জ্বলন্ত ফসফরাস নাইট্রিক অক্সাইডকে বিশ্লিষ্ট করিয়া জ্বলিতে থাকে।

$$P_4 + 10NO \xrightarrow{\text{তাপ}} P_4 + 5O_2 + 5N_2 = 2P_2O_5 + 5N_2$$

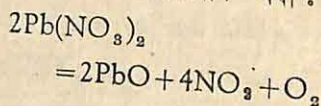
ফসফরাস　নাইট্রিক অক্সাইড　　ফসফরাস পেণ্টক্সাইড　নাইট্রোজেন

(iv) ইহা ফেরাস সালফেটের সঙ্গে একটি জটিল যৌগ গঠন করে। এই যৌগটি দেখিতে বাদামী। একটু তাপেই ইহা ভাঙ্গিয়া যায়।

$$FeSO_4 + NO \rightleftharpoons FeSO_4, NO$$

(v) ইহা একটি নিরপেক্ষ গ্যাস। তাই, ইহার সংস্পর্শে সিক্ত লিটমাস কাগজের বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে।

ব্যবহার : চেম্বার পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

3. *নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2)

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

প্রস্তুতি : রসায়নাগারে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয় সীসার নাইট্রেট অর্থাৎ লেড নাইট্রেট [$Pb(NO_3)_2$] উচ্চ তাপে বিশ্লিষ্ট করিয়া। যথা :

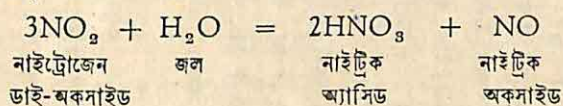
$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

একটি নির্গম-নল ফিট করা মোটা পরীক্ষা-নলের মধ্যে লেড নাইট্রেট লওয়া হয়। নির্গম-নলটি কর্কের সাহায্যে U-নলের মুখে সংযুক্ত করা হয়। U-নলটি

*এই গ্যাসকে (NO_2) পূর্বে নাইট্রোজেন পারক্সাইড (N_2O_4) বলা হইত। বর্তমানে অপ্রচলিত।

একটি বিকার-ভরা বরফ ও লবণ মিশ্রণ অর্থাৎ হিম-মিশ্রণের (freezing mixture) মধ্যে বসাইতে হয়। মোট পরীক্ষা-নলটি ধারকের সাহায্যে ফিট করিয়া বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায়, বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইয়া U-নলে গিয়া ঢুকে এবং U-নলের হিমতায় হলদে তরলে পরিণত হয়।

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম : (i) স্বাভাবিক অবস্থায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বাদামী রঙের গ্যাস কিন্তু হিমতার প্রভাবে ইহা হরিদ্রাভ তরলে পরিণত হয়। (ii) এই ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবণীয় এবং দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করে। যথা :

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

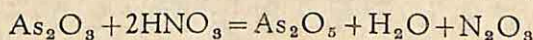
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, জল, নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অক্সাইড

(ii) সাধারণতঃ নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে জলন্ত অঙ্গার বা গন্ধক আনিয়া ধরিলে তাহা নিভিয়া যায় ; কিন্তু প্রজ্বলন তীব্র হইলে জলন্ত অঙ্গার বা গন্ধক জলিতে পারে। নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ভাঙ্গিয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন তৈরী হয়। এই অক্সিজেনেই জলন্ত অঙ্গার ও গন্ধককে জলিতে সাহায্য করে। যথা :

$2NO_2 + C \rightarrow$ কড়া তাপ $\rightarrow 2NO + O_2 + C \rightarrow CO_2 + 2NO$

ব্যবহার : নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

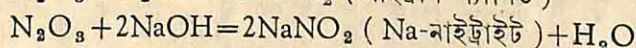
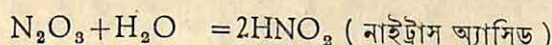
4. নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3)

আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) ও নাইট্রিক অ্যাসিড একত্রে পাতিত করিলে নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাস হিমমিশ্রণে শীতল করিলে নীল বর্ণের তরলে পরিণত হয়। বিক্রিয়া :

$$As_2O_3 + 2HNO_3 = As_2O_5 + H_2O + N_2O_3$$

ইহা উত্তাপে ভাঙ্গিয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা : $N_2O_3 \rightleftharpoons NO + NO_2$

ইহা জলের সঙ্গে **নাইট্রাস অ্যাসিড** (HNO_2) গঠন করে এবং ক্ষারের সঙ্গে গঠন করে নাইট্রাইট যৌগ। যথা :

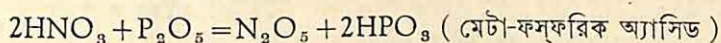
$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$ (নাইট্রাস অ্যাসিড)

$N_2O_3 + 2NaOH = 2NaNO_2$ (Na-নাইট্রাইট) $+ H_2O$

*নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের তুলনা

নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)	নাইট্রিক অক্সাইড (NO)	নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড (N_2O_3)	নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2)	নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5)
1. বর্ণহীন গ্যাস।	বর্ণহীন গ্যাস ;	বাদামী গ্যাস ;	বাদামী গ্যাস।	সাদা বর্ণের কঠিন পদার্থ ; ($0°C$ এর নীচে)
2. নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা যায়।	নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা হয়।	নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা যায়।	নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারণে তৈরী করা যায়।	নাইট্রিক অ্যাসিড নিরুদনে তৈরী করা যায়।
3. ইহা বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া বাদামী ধোঁয়া (NO_2) তৈরী করিতে অক্ষম।	বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া বাদামী ধোঁয়া (NO_2) তৈরী করে ; ($2NO+O_2=2NO_2$) ;	স্বাভাবিক তাপে বাদামী ধোঁয়া তৈরী হয়। ($N_2O_3 \rightarrow NO+NO_2$)	নিজেই বাদামী গ্যাস।	তাপের প্রভাবে সহজেই বাদামী ধোঁয়ায় (N_2O) পরিণত হয়।
4. শীতল জলে দ্রবণীয়, গরম জলে অদ্রবণীয়।	জলে অতি সামান্য পরিমাণে দ্রবণীয়।	জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড তৈরী করে। ($N_2O_3+2H_2O=2HNO_3$)	শীতল জলে HNO_3 ও HNO_2 তৈরী করে। গরম জলে NO ও HNO_3 তৈরী হয় ;	জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করে।
5. নিরপেক্ষ অক্সাইড।	নিরপেক্ষ অক্সাইড	অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড।	অ্যাসিডধর্মী ;	অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড ;
6. দাহক : তাপের প্রভাবে N_2 এবং O_2 তৈরী হয় ; জ্বলন্ত C, S, P, Na, Mg ইহার মধ্যে তীব্র শিখায় জ্বলিয়া উঠে।	উচ্চতর তাপে ইহার মধ্যে C S, P, Na, Mg ইত্যাদির দহন সম্ভব হয়।	উচ্চতর চাপে C, S, P, Na, Mg ইত্যাদির দহন সম্ভব।	NO-এর ন্যায় উচ্চতর তাপে C, S, P, Na, Mg ইত্যাদির দহন সম্ভব।	
7. অক্সিজেনের ন্যায় শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত করে।	ইহা শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত করিতে পারে না।	শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত করিতে পারে না।	শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রজ্বলিত করিতে পারে না।	
8. জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য।	জারক দ্রব্য।
9. শীতল জলে দ্রবণীয়।	ফেরাস সালফেট দ্রবণ ইহা শোষণ করে ($FeSO_4NO$)।		ঘন H_2SO_4 ও $NaOH$ বা KOH—এই গ্যাস শোষণকরে	

1. নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5)

নাইট্রিক অ্যাসিডকে অনার্দ্র করা সম্ভব হইলেই নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড তৈরী করা যায়। কারণ, নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের **অনার্দ্রক অংশ** (anhydrate) ; ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) একটি বিশিষ্ট আর্দ্রতা বিশোষক পদার্থ। ফস্‌ফরাস পেণ্টক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া পাতিত করিলে ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শুষিয়া লয় বলিয়া নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড গঠিত হয়। যথা :

$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$ (মেটা-ফস্‌ফরিক অ্যাসিড)

(I) ইহা একটি **জলাকর্ষী** (hygroscopic) বর্ণহীন স্ফটিক। কিন্তু 0°C তাপাংকে ইহা প্রথমে বাদামী তরলে এবং 50°C তাপাংকে বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। যথা : $2N_2O_5 = 4NO_2 + O_2$

(ii) ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে। তাই, ইহা একটি অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড এবং ইহাকে নাইট্রিক অ্যাসিডের **নিরুদক** (anhydride) বলা হয়। যথা : $N_2O_5 + N_2O = 2HNO_3$

(iii) ইহার বাষ্পে জলন্ত অঙ্গার উজ্জলভাবে জলিতে থাকে।

নাইট্রোজেন-চক্র

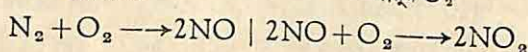
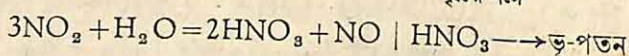
নাইট্রোজেন প্রাণী ও উদ্ভিদ-দেহ গঠনের অন্যতম অপরিহার্য উপাদান। 30 মণ গম উৎপাদনের জন্য 25 সের নাইট্রোজেন প্রয়োজন। প্রাণী তাহার প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন প্রধানত উদ্ভিদ্ হইতে সংগ্রহ করে। উদ্ভিদ্ মাটি হইতে নাইট্রোজেন লবণ সংগ্রহ করে। শুধু ছোলা ও শিম জাতীয় উদ্ভিদ্ বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন প্রত্যক্ষভাবে গ্রহণ করিতে পারে। পক্ষান্তরে অন্য সমস্ত উদ্ভিদ্ নাইট্রোজেন আহরণ করে পরোক্ষভাবে। বায়ুমণ্ডল হইতে গৃহীত এই নাইট্রোজেন উদ্ভিদ্ ও প্রাণীদেহের পচন, দহন এবং জীবাণু বা ব্যাকটিরিয়ার প্রক্রিয়ায় পুনরায় নির্মুক্ত হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিলিয়া যায়। এরূপ আদান প্রদানের ফলে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনের পরিমাণ সর্বদা প্রায় অপরিবর্তিত থাকে।

(ক) নাইট্রোজেন আহরণ

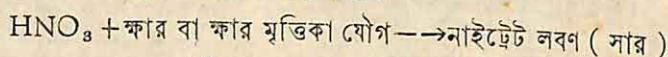
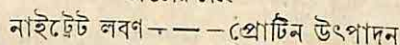
(i) **প্রত্যক্ষভাবে :** ছোলা ও শিম জাতীয় উদ্ভিদ্ উহাদের মূলস্থিত এক প্রকার ব্যাক্‌টেরিয়ার সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন গ্রহণ করিয়া দেহের জৈব তন্তুতে প্রোটিন জাতীয় জৈব যৌগ গঠন করে।

(ii) **পরোক্ষভাবে :** বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের ফলে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। এই নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে। এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বায়ুর জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হইয়া বৃষ্টিপাতের সঙ্গে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়।

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎক্ষরণ}} 2NO \mid 2NO + O_2 \xrightarrow{\text{বায়ুর } O_2} 2NO_2$$

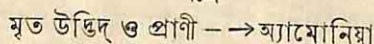
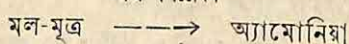
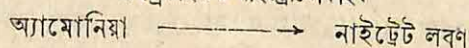
$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO \mid HNO_3 \xrightarrow{\text{বৃষ্টির সঙ্গে}} \text{ভূ-পতন}$$

ভূ-পৃষ্ঠের ক্ষার বা ক্ষার মৃত্তিকা জাতীয় (সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি) যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ভূ-পতিত এই নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণ গঠন করে। এই নাইট্রেট লবণ অন্যতম সাররূপে উদ্ভিদ্ গ্রহণ করে এবং এই অজৈব যৌগের সাহায্যে (inorganic compound) উদ্ভিদ্ নিজেদের দেহের সংগঠনে প্রোটিন জাতীয় জৈব যৌগ (organic compound) তৈরী করে।

HNO_3 + ক্ষার বা ক্ষার মৃত্তিকা যৌগ ⟶ নাইট্রেট লবণ (সার)

$$\text{নাইট্রেট লবণ} \xrightarrow{\text{উদ্ভিদের দেহে}} \text{প্রোটিন উৎপাদন}$$

(অজৈব যৌগ) (জৈব যৌগ)

প্রাণীকুল এই উদ্ভিজ্জ প্রোটিন আহার করিয়া প্রাণীজ প্রোটিনে পরিণত করিয়া দেহ গঠন করে। মৃত উদ্ভিদ্ ও প্রাণীর দেহ এবং প্রাণীর মল-মূত্র পচিয়া অথবা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়। এই অ্যামোনিয়া মাটির নাইট্রিফাইং ও নাইট্রোসোফাইং ব্যাক্টিরিয়ার সাহায্যে আবার নাইট্রেট লবণরূপে জারিত হয় এবং উদ্ভিদ্ তাহা পুনরায় গ্রহণ করে।

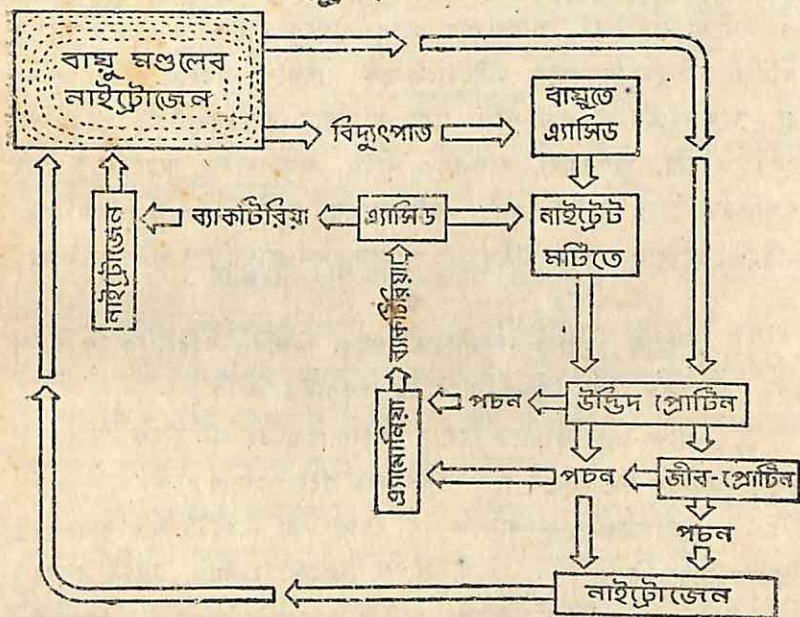
$$\text{মৃত উদ্ভিদ্ ও প্রাণী} \xrightarrow{\text{পচন}} \text{অ্যামোনিয়া}$$

এবং মল-মূল

$$\text{মল-মূত্র} \xrightarrow{\text{আর্দ্র-বিশ্লেষণ}} \text{অ্যামোনিয়া}$$

$$\text{অ্যামোনিয়া} \xrightarrow[\text{ব্যাকটেরিয়া}]{\text{নাইট্রিফাইং ও নাইট্রোসোফাইং}} \text{নাইট্রেট লবণ}$$

(খ) নাইট্রোজেন বর্জন

জীবজন্তু এবং উদ্ভিদের পচনের সঙ্গে যে অ্যামোনিয়া তৈরী হয় তাহা এবং নাইট্রেট লবণও আংশিকভাবে ডি-নাটিট্রিফাইং ব্যাক্‌টেরিয়ার সাহায্যে আবার মুক্ত অজৈব নাইট্রোজেনে পরিণত হইয়া বায়ুতে মিলিয়া যায়। জৈব বস্তুর দহনের ফলেও 'নাইট্রোজেন' মৌল বা যৌগরূপে নির্মুক্ত হইয়া বায়ুতে মিশিয়া যায়।

অ্যামোনিয়া বা নাইট্রেট লবণ —ডি-নাইট্রিফাইং ব্যাক্‌টেরিয়া→ নির্মুক্ত নাইট্রোজেন

নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen circle) : বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন বিদ্যুৎ-ক্ষরণে প্রথমে অক্সাইড গঠন, পরে বায়ুর জলীয় বাষ্পের সংযোগে

নাইট্রোজেন চক্র

নাইট্রিক অ্যাসিডে রূপান্তর, বৃষ্টিপাতের ফলে এই অ্যাসিডের ভূ-পতন ও মাটিস্থ ক্ষারীয় বা ক্ষারীয় মৃত্তিকার সংযোগে নাইট্রেট লবণ গঠন করে এবং সাররূপে ইহা গৃহীত হইয়া এই অজৈব যৌগ উদ্ভিদ্ দেহে প্রোটিনরূপে জৈব যৌগে পরিণত হয়। ছোলা বা শিমজাতীয় কয়েকটি উদ্ভিদ্ প্রত্যক্ষভাবে বায়ুর নাইট্রোজেন গ্রহণ করিয়া প্রোটিন গঠন করে। প্রাণী এই উদ্ভিজ্জ প্রোটিন

আহাররূপে গ্রহণ করিয়া প্রাণীজ প্রোটিনে রূপান্তরিত করে। মৃত উদ্ভিদ্ বা প্রাণী দেহের প্রোটিন পচিয়া ও প্রাণীর মল-মূত্র আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া গঠিত হয়। এই অ্যামোনিয়া আংশিকভাবে পুনরায় নাইট্রেট লবণে পরিণত হয় এবং বাকী অংশ হইতে মুক্ত নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইয়া বায়ুমণ্ডলে ফিরিয়া যায়। নাইট্রোজেনের এরূপ আদান প্রদানের ফলে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনের পরিমাণ মূলত অপরিবর্তিত থাকে। এরূপ নাইট্রোজেন আদান-প্রদানের পদ্ধতিকে বলা হয় **নাইট্রোজেন চক্র**।

নাইট্রোজেনের যৌগে রূপান্তর (Fixation of nitrogen): বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন বিদ্যুৎ ক্ষরণে প্রথমে অক্সাইড ও পরে জলীয় বাষ্পের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া যে পদ্ধতিতে নাইট্রেট লবণে পরিণত হয় তাহাকে নাইট্রোজেনের যৌগভবন বা 'ফিক্সেশন অব নাইট্রোজেন' বলা হয়।

প্রাকৃতিক উপায়ে সংগৃহীত এই নাইট্রোজেনের পরিমাণ যথেষ্ট নহে। তাই, কৃত্রিমভাবে বায়ুর নাইট্রোজেনের সাহায্যে অক্সাইড, নাইট্রাইড, সাইনামাইড ও অ্যামোনিয়া তৈরী করিয়া এবং এরূপ যৌগকে নাইট্রোজেন সারে পরিণত করিয়া কৃত্রিমভাবে বায়ুর নাইট্রোজেনকে সাররূপে ব্যবহার করিয়া জমির প্রাকৃতিক সারের অপচয়ের ফলে সারের যে অভাব দেখা দেয় তাহা পূরণ করা হয়। হাবার, অসওয়াল্ড, বার্কল্যাণ্ড-আইড, সাইনামাইড, সারপেক ইত্যাদি পদ্ধতিতে বায়ুর নাইট্রোজেনকে কৃত্রিমভাবে আবদ্ধ fixed) করা হয়। নাইট্রোজেন সার ব্যতীত উদ্ভিদ এবং পরোক্ষভাবে প্রাণীর দেহ গঠন সম্ভব নয়।

প্রশ্ন

1. নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত অথবা নিরুদিত করিয়া কি কি পদার্থ পাওয়া যাইবে? নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড কি কি?

2. লাফিং গ্যাস কাহাকে বলে? ইহার প্রস্তুতির রাসায়নিক নীতি বর্ণনা কর। ইহা কি নিজে জ্বলে বা দাহকের কাজ করে—প্রমাণ দাও।

3. নাইট্রোজেন-চক্র বলিতে কি বোঝ এবং নাইট্রেট সার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কি? [*H. S. Exam. (Comp.) 1965, 1961*]

4. (i) জ্বলন্ত পলিতা নাইট্রাস, নাইট্রিক এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি ভিন্ন ভিন্ন গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে, (ii) ঐ সকল গ্যাসের জারে জ্বলন্ত সালফার প্রবেশ করাইলে, (iii) ঐ সকল গ্যাসের সহিত বায়ু মিশ্রিত করিলে, এবং (iv) ঐ সকল গ্যাসের সহিত জল ক্রিয়ান্বিত হইলে কি ঘটিবে লিখ।

— —

ফসফরাস ও আরসেনিক

প্রতিটি মৌলিক পদার্থ নিজের পারমাণবিক ওজন ও ধর্মে স্বতন্ত্র। কিন্তু এরূপ স্বাতন্ত্র্য সত্ত্বেও কতকগুলি মৌলিক পদার্থের মধ্যে ধর্ম ও স্বভাবে অনেক সাদৃশ্য দেখা যায়। মৌলিক পদার্থ ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ধর্ম অনেক বিষয়ে একরকম। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম আলাদা মৌল হইয়াও বহু পরিমাণে সমধর্মী। সেইরূপ **নাইট্রোজেন** ও **ফসফরাস** দুইটি আলাদা মৌলিক পদার্থ হওয়া সত্ত্বেও উহাদের রাসায়নিক ধর্মে অনেক বিষয়ে সাদৃশ্য দেখা যায়। সমধর্মের এরূপ মৌলিক পদার্থসমূহকে **সগোত্র** বা অ্যানালোগ (analogue) বলা হয় এবং ইহাদের শ্রেণীবদ্ধ করা হয় এক একটি মৌল-পরিবারের সভ্যরূপে। নাইট্রোজেন ও ফসফরাস এরূপ এক পরিবারভুক্ত মৌলিক পদার্থ। মৌলিক পদার্থ **আরসেনিক,** অ্যান্টিমনি ও বিসমাথের মধ্যেও অনেক বিষয়ে নাইট্রোজেনের সমধর্ম দেখা যায়। তাই ইহাদেরও **নাইট্রোজেন পরিবারের** সভ্যরূপে গণ্য করা হয়।

নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের সাদৃশ্য

নাইট্রোজেন পরিবারের মধ্যে ফসফরাস ও নাইট্রোজেন মৌল দুইটি সবচেয়ে সমধর্মী। নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 14 এবং ফসফরাসের 31, পারমাণবিক ওজনের এরূপ পার্থক্য থাকা সত্ত্বেও নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের মধ্যে রাসায়নিক ধর্মে অনেক সাদৃশ্য বর্তমান। যথা :

(i) নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই **অধাতু**। নাইট্রোজেন স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাসীয়, কিন্তু ফসফরাস কঠিন বস্তু। নাইট্রোজেন স্বাভাবিক অবস্থায় পাওয়া যায় মৌলরূপে কিন্তু ফসফরাস পাওয়া যায় যৌগ অবস্থায়। সাধারণ তাপাংকে নাইট্রোজেন অণু দুইটি পরমাণু দ্বারা (N_2) কিন্তু ফসফরাস চারিটি পরমাণু দ্বারা (P_4) গঠিত।

(ii) নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের **যোজন ক্ষমতা** (valency) **তিন** ও **পাঁচ**। তাই, উহারা উভয়েই কমপক্ষে **দুই রকম শ্রেণীর** যৌগ গঠন করে। অক্সাইডের উদাহরণ : (পর পৃষ্ঠায়)

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড—N_2O_3 ; ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড—P_2O_3
নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড - N_2O_5 ; ফসফরাস পেণ্টক্সাইড – P_2O_5

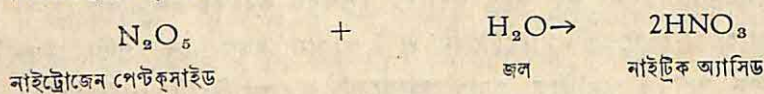
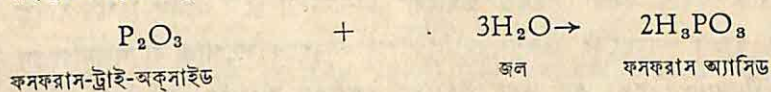
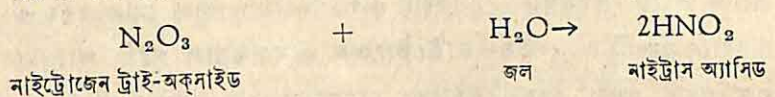
(ii) নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের দুই রকম রূপভেদ (allotropy) পাওয়া যায়। নাইট্রোজেন পাওয়া যায় সাধারণ ও সক্রিয় মৌলরূপে এবং ফসফরাস পাওয়া যায় সাদা ও লাল মৌলরূপে।

(iv) নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের অক্সাইডগুলি অ্যাসিডধর্মী। তাই, জলের সঙ্গে মিশিয়া ইহারা উভয়েই অ্যাসিড গঠন করে। যথা :

N_2O_3 (নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড) + H_2O (জল) → $2HNO_2$ (নাইট্রাস অ্যাসিড)

P_2O_3 (ফসফরাস-ট্রাই-অক্সাইড) + $3H_2O$ (জল) → $2H_3PO_3$ (ফসফরাস অ্যাসিড)

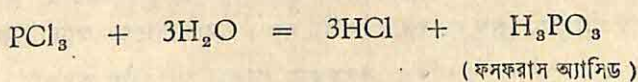
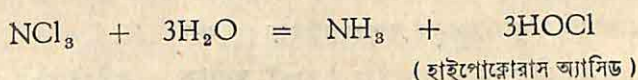
N_2O_5 (নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড) + H_2O (জল) → $2HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড)

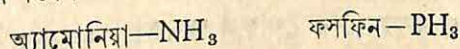
P_2O_5 (ফসফরাস পেণ্টক্সাইড) + $3H_2O$ (জল) → $2H_3PO_4$ (ফসফরিক অ্যাসিড)

(v) নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই ক্লোরিনের সঙ্গে **ক্লোরাইড যৌগ** গঠন করে। যথা :

NCl_3 (N-ট্রাই ক্লোরাইড) PCl_3 (P-ট্রাই-ক্লোরাইড)
PCl_5 (P-পেণ্টাক্লোরাইড)

এই ক্লোরাইডগুলি জলের সহিত ক্রিয়ায় বিশ্লেষিত হইয়া যায়। যথা :

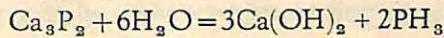
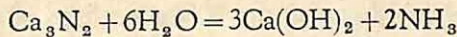
$$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HOCl$$
(হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড)

$$PCl_3 + 3H_2O = 3HCl + H_3PO_3$$
(ফসফরাস অ্যাসিড)

(vi) নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই হাইড্রোজেনের সঙ্গে **হাইড্রাইড** যৌগ গঠন করে। যথা :

অ্যামোনিয়া—NH_3 ফসফিন – PH_3

অ্যামোনিয়া ও ফসফিন উভয়েই বর্ণহীন গ্যাস এবং ইহাদের ধর্মে অনেক বিষয়ে সমতা দেখা যায়।

(vii) উচ্চ তাপাংকে উভয় মৌলই ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রাইড ও ফসফাইড যৌগ গঠন করে (Ca_3N_2; Ca_3P_2) এবং জলের সংযোগে ইহাদের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে এবং অ্যামোনিয়া ও ফসফিন গঠিত হয়। যথা :

$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$

$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

(ix) দ্রবণীয় নাইট্রেট লবণ ও ফসফেট লবণ সাররূপে ব্যবহৃত হয়।

এরূপ রাসায়নিক সমধর্মের জন্য ফসফরাসকে **নাইট্রোজেন পরিবারের সভ্য** (member of nitrogen family) বলিয়া গণ্য করা হয়।

মৌলিক পদার্থ ফসফরাস

পরীক্ষা : ফসফরাস অর্থ আলোক-প্রকাশ। অন্ধকারে ফসফরাস এক প্রকার আলোক-প্রভা বিকীর্ণ করে। এই আলোককে বলা হয় অনুপ্রভা বা **'ফসফরিসেন্স'** (phosphorescence)। পরশ পাথরের সন্ধান করিতে যাইয়া জার্মান অ্যালকেমিষ্ট ব্র্যাণ্ড (Brand) 1669 খ্রীষ্টাব্দে প্রথম ফসফরাস আবিষ্কার করেন। তিনি প্রথম মূত্রের জলীয় অংশ বাষ্পীভূত করেন এবং অবশিষ্ট কঠিন পদার্থ হইতে সর্বপ্রথম ফসফরাস তৈরী করিতে সক্ষম হন। এই অনুপ্রভ পদার্থটি সে-সময়ে রসায়নীদের কাছে ছিল এক রহস্যময় বস্তু। ব্র্যাণ্ড এই বস্তুটির ম্যাজিক দেখাইয়া এবং এই বস্তুটি তৈরী করার উপায় বেচিয়া বেশ দু'পয়সা রোজগার করেন। ব্র্যাণ্ড প্রথমে 200 ডলার দামে ফসফরাস তৈরী করার রহস্য ক্র্যাফট (Craft) নামে এক ব্যক্তিকে জানাইয়া দেন। ক্র্যাফটও ফসফরাসের ভূতুড়ে রশ্মি দেখাইয়া বেশ কিছু সঞ্চয় করেন। এই সময় কুঙ্কেল (Kunkel) নামে একজন জার্মান রসায়নী নিজের চেষ্টায় ফসফরাস তৈরী করিতে সক্ষম হন এবং কুঙ্কেলের নিকট আইরিশ বিজ্ঞানী বয়েল (Boyle) ফসফরাস তৈরী করার উপায় জানিতে পারেন। 1680 খ্রীষ্টাব্দে বয়েল বৃহদায়তন ফসফরাস তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন এবং একটি নবলব্ধ বৈজ্ঞানিক আবিষ্কাররূপে অন্যান্য বিজ্ঞানীদের কাছে তাহা প্রকাশ করিয়া দেন। সাদা ফসফরাস যে বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃস্ফূর্তভাবে আগুনে জ্বলিয়া ওঠে একথা জানা না থাকায় সে সময়ে চতুর্দশ লুইয়ের রাজ-চিকিৎসক নিজের বিছানায় ফসফরাস রাখার ফলে আগুনে পুড়িয়া মরিবার উপক্রম করিয়াছিলেন।

আগে মূত্রই ছিল ফসফরাস উৎপাদনের একমাত্র উৎস। কিন্তু 1777 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শিলী জীবদেহের হাড় পোড়াইয়া ফসফরাস তৈরী করিতে সক্ষম হন এবং সেই বছরে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে, **ফসফরাস একটি মৌলিক পদার্থ এবং ইহার সংকেত নির্দিষ্ট হয় 'P' এবং পারমাণবিক ওজন 31.**

বাষ্পাকারে **ফসফরাস অণু** চারিটি পরমাণু দ্বারা গঠিত বলিয়া বাষ্পীয় ফসফরাস অণুর গঠন—P_4 প্রায় 1000°C পর্যন্ত ইহার আণবিক গঠন—P_4 ; অধিকতর তাপাংকে গঠন—P_2 ; আরও অধিক তাপাংকে ইহার গঠন—P.

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources) : ফসফরাস মৌল অবস্থায় পাওয়া যায় না। জীবজন্তুর হাড়, মাংসপেশী, স্নায়ু ও মস্তিষ্কে যৌগিক পদার্থরূপে এবং প্রকৃতিতে খনিজ **ফসফেট লবণরূপে** ফসফরাস পাওয়া যায়। আফ্রিকার টিউনিসিয়া, আলজেরিয়া ও মরক্কো অঞ্চলে প্রচুর পরিমাণে খনিজ ফসফেট পাওয়া যায়। এই খনিজ ফসফেট মূলত **ক্যালসিয়াম ফসফেট** (calcium phosphate) [$Ca_3(PO_4)_2$]। কোন কোন ক্যালসিয়াম ফসফেটের সঙ্গে মৌলিক পদার্থ ফ্লোরিন এবং ক্লোরিন যৌগ (CaF_2, $CaCl_2$) যুক্ত থাকে।

ফসফরাসের খনিজ যৌগের নাম : (i) ফসফোরাইট (phosphorite) [$Ca_3(PO_4)_2$] (ii) ক্লোর্যাপাটাইট (chlorapatite) [$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCl_2$] এবং (iii) ফ্লোর-অ্যাপাটাইট (fluorapatite) [$3Ca_3(PO_4)_2$, CaF_2]

মানব দেহে বিভিন্নভাবে ফসফরাস পাওয়া যায়। উদ্ভিদ্—বিশেষ করিয়া শিমের মধ্যেও ফসফরাস পাওয়া যায়। ডিমের হলুদ অংশেও ফসফরাস থাকে। কিন্তু ফসফরাসের প্রধান ভাণ্ডার জীব-জন্তুর হাড় বা অস্থি এবং খনিজ ফসফেট লবণ।

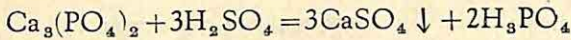
ফসফরাস প্রস্তুতি (Preparation of phosphorus)

ফসফরাস তৈরী করার মূল উপাদান **ক্যালসিয়াম ফসফেট**। ক্যালসিয়াম ফসফেট পাওয়া যায় জীব-জন্তুর হাড় পোড়াইয়া অথবা খনিজ ফসফেট হইতে। ক্যালসিয়াম ফসফেট ফসফরিক অ্যাসিডের লবণ। ফসফেট মূলকের (PO_4) যোজ্যতা 3 এবং ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা 2 ; তাই ক্যালসিয়াম ফসফেটের ফর্মুলা – $Ca_3(PO_4)_2$.

1. অস্থিভস্ম হইতে (From bone ash) :

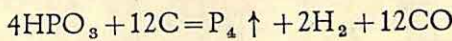
জীব-জন্তুর অস্থিতে প্রায় 58% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। ইহা পোড়াইয়া ভস্ম করিলে ইহাতে 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট পাওয়া যায়।

(i) অস্থি-ভস্ম অর্থাৎ ক্যালসিয়াম ফসফেট 60% ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিয়া ফসফরিক অ্যাসিড ও অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফেট তৈরী করা হয়। যথা:

$$Ca_3(PO_4)_2+3H_2SO_4=3CaSO_4\downarrow+2H_3PO_4$$

(ii) এই ফসফরিক অ্যাসিড পরিস্রুত ও পরে উত্তপ্ত করিয়া মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়। যথা:

$$H_3PO_4=HPO_3+H_2O$$

(iii) মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড ও চারকোল মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড চারকোল দ্বারা বিজারিত হইয়া গ্যাসীয় ফসফরাসের আকারে নির্গত হয়। যথা:

$$4HPO_3+12C=P_4\uparrow+2H_2+12CO$$

(iv) এই গ্যাসীয় ফসফরাস জলের পাত্রের মধ্যে চালাইয়া জলের তলায় সঞ্চিত করা হয়।

বর্তমানে তড়িৎ-চুল্লীর সাহায্যে ফসফরাস উৎপাদন সহজসাধ্য বলিয়া এই পদ্ধতি লোপ পাইয়াছে।

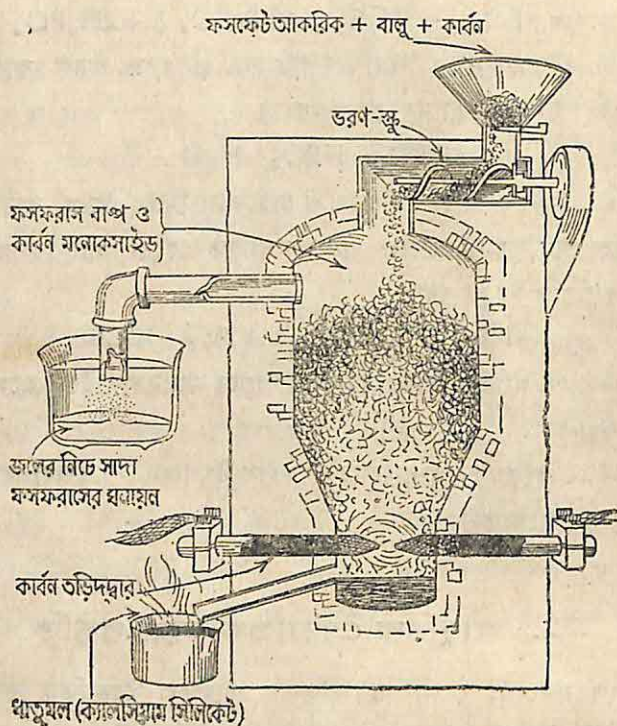
2. আধুনিক বৈদ্যুতিক চুল্লী পদ্ধতি

খনিজ ফসফেট, কোক ও সিলিকার সাহায্যে বৈদ্যুতিক চুল্লীর গহ্বরে বিশ্লিষ্ট করিয়া আধুনিক পদ্ধতিতে ফসফরাস তৈরী করা হয়।

(ক) **বৈদ্যুতিক চুল্লী** (Electric furnace): ফসফরাস তৈরীর বৈদ্যুতিক চুল্লী অগ্নি-সহা ইটে তৈরী। ইহা আকারে ডিম্বাকৃতি এবং স্থাপিত থাকে খাড়াভাবে। চুল্লীর মাথায় থাকে একটি চোঙাকৃতি সংভরণ দ্বার (hopper) এবং উপরের দিকে একপাশে থাকে বাষ্পায়িত ফসফরাস নির্গমনের একটি নির্গম নল (outlet)। চুল্লীর তলদেশে থাকে বিদ্যুৎ সঞ্চালনের জন্য দুইটি কার্বন দণ্ড। কার্বন-দণ্ডে বিদ্যুৎ সঞ্চালন করিয়া চুল্লীটিতে 1000°C হইতে 1500°C পর্যন্ত তাপ সৃষ্টি করা হয়। চুল্লীর গহ্বরের নিম্নাংশের একপাশে থাকে ধাতুমল নির্গমনের জন্য একটি নল (slag outlet)।

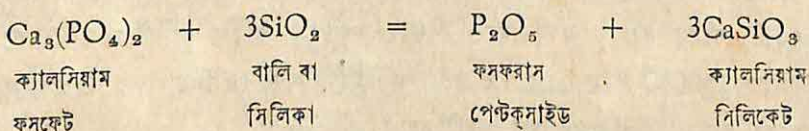
(খ) **রাসায়নিক নীতি** (Chemical Principles):

(i) **প্রথমে খনিজ ফসফেট** [$Ca_3(PO_4)_2$] চূর্ণ করিয়া কোক (C) ও

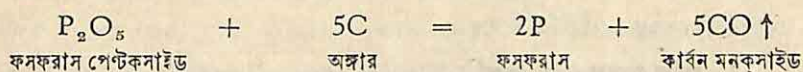
বালির (SiO_2) সঙ্গে একত্র মিশ্রিত করা হয় এবং এই মিশ্রণ উপরের সংভরণ-দ্বারের ভিতর দিয়া চুল্লীতে ঢালা হয়। [বালি বা সিলিকা মৌলিক পদার্থ

বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ফসফরাস উৎপাদন

সিলিকনের ডাই-অক্সাইড (SiO_2)]। বালি অর্থাৎ সিলিকা প্রথমে ক্যালসিয়াম ফসফেটের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় এবং প্রথম পর্যায়ে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ও ক্যালসিয়াম সিলিকেট গঠিত হয়। যথা :

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = P_2O_5 + 3CaSiO_3$$

ক্যালসিয়াম ফসফেট	বালি বা সিলিকা	ফসফরাস পেণ্টক্সাইড	ক্যালসিয়াম সিলিকেট

(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সঙ্গে কোক (অঙ্গার) অর্থাৎ কার্বনের (C) বিক্রিয়া ঘটে এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইড কার্বন দ্বারা

বিজারিত (reduced) হইয়া ফসফরাস মৌলরূপে নির্মুক্ত হইয়া যায়। যথা :

P_2O_5	+	5C	=	2P	+	5CO↑
ফসফরাস পেণ্টক্সাইড		অঙ্গার		ফসফরাস		কার্বন মনক্সাইড

(iii) চুল্লীর উচ্চ তাপের ফলে মৌলরূপে নির্মুল হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই ফসফরাস বাষ্পাকার লাভ করে এবং চুল্লীর উর্ধ্বাংশে অবস্থিত পার্শ্ববর্তী নির্গম নল দিয়া বাহির হইয়া একটি জলের ট্যাংকের মধ্যে প্রবেশ করে। এই বাষ্পায়িত ফসফরাস গরম জলের তলায় তরল ফসফরাসরূপে সঞ্চিত হয়।

(iv) **গলিত ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমলরূপে** (slag) চুল্লীর তলায় অবস্থিত নির্গম নলের পথে বাহির হইয়া যায়।

ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে যে ফসফরাস তৈরী করা হয় তাহা সাদা ফসফরাস (white phosphorus)।

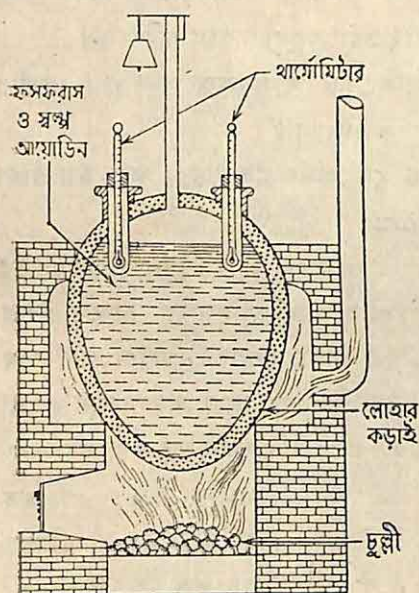
(v) **ফসফরাসের বিশোধন** (Purification of phosphorus) : বৈদ্যুতিক চুল্লী হইতে প্রাপ্ত অশুদ্ধ ফসফরাস তপ্ত জলে গলাইয়া প্রথমে ইহার সঙ্গে মিশ্রিত বালি বিচ্ছিন্ন করা হয়। এই ফসফরাস পরবর্তী পর্যায়ে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের মধ্যে আলোড়িত করিয়া ইহার বিভিন্ন ময়লা আংশিকভাবে জারিত ও আংশিক দ্রবীভূত করা হয় এবং আংশিকভাবে দ্রবণের উপরের সর বা ফেনারূপে ভাসিয়া উঠে। পরিস্রুত ফসফরাস তপ্ত ও তরল অবস্থায় শ্যাময় চর্মে (chamois leather) পরিস্রুত করিয়া শীতল জলের মধ্যে কাচের নলে ভরিয়া ইহার দণ্ড তৈরী করা হয়। সাদা ফসফরাস স্বাভাবিক তাপাংকে বায়ুর সংস্পর্শে আপনি জলিয়া ওঠে বলিয়া জলের মধ্যে ডুবাইয়া রাখা হয়।

ফসফরাসের রূপভেদ (Allotrope)

ফসফরাসের পারমাণবিক ওজন 31 ; একই পারমাণবিক ওজন সত্ত্বেও মৌল অবস্থায় প্রাপ্ত একই রকম ফসফরাস একটি বর্ণে সাদা এবং অপরটি লাল অবস্থায় পাওয়া যায়। এই সাদা ও লাল ফসফরাসের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে বিশেষ পার্থক্য দেখা যায়।

বহুরূপতা (Allotropy) : কোন কোন মৌলিক পদার্থ তাহার মূল রাসায়নিক ধর্মগুলি অক্ষুণ্ণ রাখিয়া বিভিন্ন রূপ পরিগ্রহ করিতে পারে। একই মৌলের বিভিন্ন রূপ প্রকাশ পাইবার এই বিশেষ ধর্মকে বহুরূপতা বলে।

মৌলিক পদার্থের এই বিভিন্ন রূপকে বলে **রূপভেদ** বা **অ্যালোট্রোপ** (allotrope)। **সাদা** (বা হলুদ) ও **লাল ফসফরাস** মৌলিক পদার্থ ফসফরাসের এরূপ দুইটি রূপভেদ।

1. **লাল ফসফরাস প্রস্তুতি** (Preparation of red phosphorus): সাদা ফসফরাসকে নির্দিষ্ট তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে ইহা আপনা আপনি লাল ফসফরাসে পরিণত হয়। ঢালাই লোহার বায়ুশূন্য পাত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেনের ন্যায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসে পূর্ণ করিয়া এবং ইহার মধ্যে সাদা ফসফরাস রাখিয়া 250°C তাপাংকে কয়েক ঘণ্টা উত্তপ্ত করিলে সাদা ফসফরাসকে লাল ফসফরাসে রূপান্তরিত করা যায়। অনেক ক্ষেত্রে এরূপ বিক্রিয়ায় অনুঘটক বা ক্যাটালিস্টরূপে অল্প পরিমাণে আয়োডিন ব্যবহার করা হয়। ব্যবহৃত পাত্র সাধারণত ডিম্বাকৃতি।

লাল ফসফরাসের প্রস্তুতি

$$\text{সাদা ফসফরাস} \xrightarrow[250°C]{\text{তাপ}} \text{লাল ফসফরাস}$$

ফসফরাসের এরূপ রূপান্তর প্রক্রিয়ায় তাপ সৃষ্টি হয় বলিয়া বিক্রিয়ার তাপমাত্রা সর্বদা 250°C উষ্ণতায় নিয়ন্ত্রিত রাখা হয়। এরূপ প্রক্রিয়ার শেষে লাল ফসফরাসের সঙ্গে কিছু পরিমাণে অপরিবর্তিত সাদা ফসফরাসও মিশ্রিত থাকে। তাই, এরূপ প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত ফসফরাস ঘন কষ্টিক সোডা দ্রবণে মিশ্রিত করিয়া ফুটানো হয়। কষ্টিক সোডার সঙ্গে শুধু সাদা ফসফরাসের বিক্রিয়া ঘটে কিন্তু লাল ফসফরাস অবিকৃত থাকে। এই অবিকৃত লাল ফসফরাস জলে ধুইয়া পরিষ্কার করা হয়। লাল ফসফরাস বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সহজে জারিত হয় না বলিয়া ইহাকে জলের মধ্যে রাখিবার প্রয়োজন হয় না।

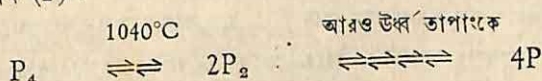
2. **লাল হইতে সাদা ফসফরাস প্রস্তুতি** (Preparation of white phosphorus): ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে প্রস্তুত ফসফরাস **সাদা**

ফসফরাস। সামান্য অবিশুদ্ধতার জন্য ইহা অনেক সময় দেখিতে **হলুদ**। লাল ফসফরাস একটি ফ্লাস্কে লইয়া উত্তাপে বাষ্পীভূত করিলে ঐ বাষ্প গ্রাহক পাত্রে ঠাণ্ডা হইয়া সাদা ফসফরাস রূপে জমে। ফ্লাস্কে ও গ্রাহক পাত্রের ভিতরকার বায়ু পরীক্ষার পূর্বেই কার্বন ডাই-অক্সাইড কর্তৃক অপসারিত করিয়া লইতে হয়।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : সাধারণত রসায়নাগারে যে ফসফরাস ব্যবহার করা হয় তাহা সাদা ফসফরাস। সাদা ফসফরাস বিষাক্ত। তাই, ইহা হাত দিয়া ধরা নিষেধ, ধরিতে হয় চিমটা দিয়া। সাদা ফসফরাস বায়ুর সংস্পর্শে স্বতঃই জলিয়া উঠে। সেইজন্য ইহা সবসময়ে জলের নীচে রাখিতে হয় এবং জলের নীচে রাখিয়াই কাটিতে হয়। সাদা ফসফরাস ব্যবহারে বিশেষ সতর্ক থাকা প্রয়োজন।

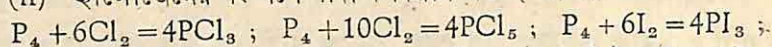
সাদা ফসফরাসের ধর্ম (Properties of white phosphorus) :

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) ইহা সাদা ও মোমের মত নরম ঈষদ স্বচ্ছ (translucent) ; (ii) ইহার গলনাংক 44°C, স্ফুটনাংক 288°C এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84 ; (iii) ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, বেঞ্জিন, ইথার ও অ্যালকোহলে বিশেষ ভাবে দ্রবণীয় ; (iv) ইহা বিষাক্ত, (v) অন্ধকারে সাদা ফসফরাস এক প্রকার শীতল সবুজাভ আলো বিকীর্ণ করে। এরূপ আলোক বিকিরণ পদ্ধতিকে বলা হয় **অনুপ্রভা** (phosphorescence। অন্ধকারে এই অনুপ্রভা দেখা যায় এবং বায়ুর চাপ হ্রাস পাইলে অনুপ্রভা বৃদ্ধি পায় ; (vi) আণবিক গঠনে 1040°C তাপাংক পর্যন্ত সাদা ফসফরাস চতুর্পারমাণবিক (P_4) ; এই তাপাংকের উর্ধ্বে ইহা দ্বি-পারমাণবিক (P_2) এবং অধিকতর উচ্চ তাপাংকে ইহা এক পারমাণবিক (P) :

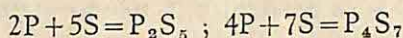
$$P_4 \overset{1040°C}{\rightleftharpoons} 2P_2 \overset{\text{আরও উর্ধ্ব তাপাংকে}}{\rightleftharpoons} 4P$$

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) :

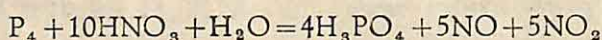
(i) সাদা ফসফরাস বাতাসে রাখিলে ইহা ফসফরাস পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়। একটু উত্তাপে ইহা দ্রুত অক্সাইড গঠন করে। যথা : $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$, স্বল্প পরিমাণে ট্রাই-অক্সাইডও (P_2O_3) গঠিত হয়।

(ii) হ্যালোজেনের সংস্পর্শে সাদা ফসফরাস স্বতঃই জ্বলিয়া ওঠে।

$P_4 + 6Cl_2 = 4PCl_3$; $P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5$; $P_4 + 6I_2 = 4PI_3$;

(iii) ইহা সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি উচ্চ ইলেক্ট্রো-পজেটিভ ধাতুর সঙ্গে ফসফাইড যৌগ গঠন করে। $3Na + P = Na_3P$; $3Ca + 2P = Ca_3P_2$

(iv) সালফারের সহিত ইহা সালফাইড যৌগ গঠন করে। যথা :

$$2P + 5S = P_2S_5 \; ; \; 4P + 7S = P_4S_7$$

(v) ইহা নিজে বিজারক বলিয়া ঘন ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। যথা :

$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

(vi) তপ্ত ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সাদা ফসফরাস ফসফিন ও হাইপো-ফসফাইট গঠন করে। অ্যামোনিয়া যেমন নাইট্রোজেনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড যৌগ (NH_3), ফসফিনও তেমনি ফসফরাসের একটি হাইড্রাইড যৌগ (PH_3)।

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

(Na হাইপো ফসফাইট)

(vii) কপার সালফেট দ্রবণ হইতে ফসফরাস ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$2P + 5CuSO_4 + 8H_2O = 5Cu\downarrow + 2H_3PO_4 + 5H_2SO_4$$

সাদা ও লাল ফসফরাসের বিভিন্ন ধর্মের তুলনা

(Comparative properties of red and white phosphorus)

সাদা ফসফরাসের ধর্ম	লাল ফসফরাসের ধর্ম
1. সাদা ফসফরাস দেখিতে সাধারণত হরিদ্রাভ, মোমের মত নরম। তাই, সাদা ফসফরাসকে সহজেই ছুরি দিয়া কাটা যায়।	1. লাল ফসফরাস লোহিতাভ ও চূর্ণ পদার্থ।
2. সাদা ফসফরাসে রসুনের গন্ধ আছে।	2. লাল ফসফরাসের কোন গন্ধ নাই।
3. সাদা ফসফরাস লাল ফসফরাসের চেয়ে ওজনে হালকা এবং আকারে অস্থায়ী। ইহার গুরুত্ব 1·84, গলনাংক 44°C ও স্ফুটনাংক 288°C.	3. লাল ফসফরাস অপেক্ষাকৃত ভারী ও আকারে স্থায়ী। ইহার গুরুত্ব 2·1 এবং গলনাংক 500°C—600°C, অতি উচ্চ স্ফুটনাংক।
4. সাদা ফসফরাস কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল, বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈব তরলে সম্পূর্ণ দ্রবণীয়।	4. লাল ফসফরাস কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল ও বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈব তরলে দ্রবণীয় নয়।

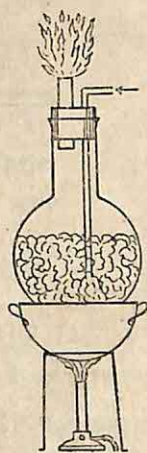
সাদা ফসফরাসের ধর্ম	লাল ফসফরাসের ধর্ম
5. সাদা ফসফরাস অন্ধকারে অনুপ্রভা বিকীর্ণ (phosphorescence) করে এবং আপনা আপনি বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া উঠে এবং অক্সাইড গঠন করে। $4P+5O_2=2P_2O_5$	5. লাল ফসফরাসের অনুপ্রভা নাই। স্বাভাবিক তাপাংকে বায়ুর সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে না বা অক্সাইড গঠন করে না। লাল ফসফরাসের দহনাংক (ignition point 250°C ; $4P+5O_2=2P_2O_5$
6. সাদা ফসফরাস খুব সক্রিয়। হ্যালোজেনের সংস্পর্শে নিজেই জ্বলিয়া ওঠে ও ক্লোরাইড গঠন করে এবং কষ্টিক পটাসের সঙ্গে ফুটাইলে ফসফিন (PH_3) গ্যাস ও হাইপোফসফাইট লবণ তৈরী হয়। $2P+3Cl_2=2PCl_3$ $P_2+3I_2=2PI_3$	6. লাল ফসফরাসের সক্রিয়তা কম। উত্তপ্ত না করিলে হ্যালোজেনের সঙ্গে যৌগ গঠন করিতে পারে না। ইহা কষ্টিক পটাসের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম। উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়া ঘটে। $2P+3Cl_2=2PCl_3$ $2P+5Cl_2=2PCl_5$
7. সাদা ফসফরাস অত্যন্ত বিষাক্ত।	7. লাল ফসফরাস বিষাক্ত নয়।

ফসফরাসের পরীক্ষা

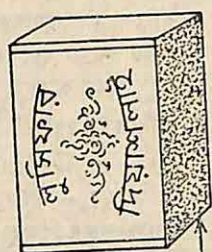
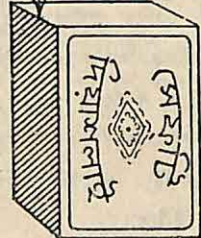
1. **জলের নীচে আগুন :** একটি জল-ভরা ফ্লাস্কের মধ্যে এক টুকরা ফসফরাস ফেলিয়া দাও। এই সঙ্গে ফ্লাস্কের মধ্যে অল্প পটাসিয়াম ক্লোরেট জলের নীচে ফসফরাসের পাশে রাখ। এখন একটি পিপেট দ্বারা ফ্লাস্কের মধ্যে ফসফরাসের পাশে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। দেখিবে জলের নীচে স্ফুলিঙ্গ বিকীর্ণ হইবে।

2, **স্বতঃপ্রজ্বলন** (spontaneous ignition) : একটি পরীক্ষা-নলে কিছু কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) তরল লও। ইহার মধ্যে ছোট এক টুকরা ফসফরাস ফেলিয়া দ্রবীভূত কর। একটি ফিল্টার কাগজ তার-জালের উপর বিছাও এবং ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফসফরাস দ্রবণ ফিলটার কাগজের উপর ঢাল। কিছুক্ষণের মধ্যেই সিক্ত ফিলটার কাগজের কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পীভূত হইয়া যাইবে এবং ফিলটার কাগজটি সাদা ধোঁয়া ছড়াইয়া আপনা আপনি জ্বলিয়া উঠিবে।

শীতল শিখা।

3. **শীতল শিখা** (cold flame) : একটি বড় ফ্লাস্ক লও এবং তাহার মধ্যে কয়েক টুকরা ফসফরাস রাখ। কাচের উল (glass wool) দিয়া ফসফরাস ভাল করিয়া ঢাকিয়া দাও। ছিপির মধ্যে দুইটি কাচের নল ফিট কর। একটি নল হইবে খাটো এবং অপরটি লম্বা। দুইটি নল-সহ ছিপিটি ফ্লাস্কের মুখে লাগাও এবং লক্ষ্য রাখ যে, লম্বা নলটি যেন ফ্লাস্কের তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। এখন ফ্লাস্কের ভিতরকার বায়ু নিক্রিয় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত (replace) কর এবং

ফ্লাস্কটি জলগাহের (ওয়াটার বাথ) উপর বসাইয়া উত্তপ্ত কর। দেখিবে, খাট নলের মুখে একটি শিখা জ্বলিয়া উঠিয়াছে। এই শিখায় আঙুল পোড়ে না, দেশলাইয়ের কাঠিও জ্বলে না। ইহাই শীতল শিখা (cold flame)।

4. **আয়োডিন সংযোগ ঃ** এক টুকরা আয়োডিনের সংযোগে স্বল্প পরিমাণে ফসফরাস রাখ। ফসফরাস আপনা আপনি জ্বলিয়া উঠিবে।

ফসফরাসের ব্যবহার (Uses) (i) ফসফরাসের প্রধান ব্যবহার

দেশলাই শিল্পে। আগে সাদা ফসফরাস দিয়া দেশলাই তৈরী করা হইত। সাদা ফসফরাস বিষাক্ত ব'লয়া এখন ইহার ব্যবহার নিষিদ্ধ। দেশলাই দুই রকম—**লুসিফার ম্যাচ ও সেফটি ম্যাচ। ফসফরাস সালফাইড ও**

পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশাইয়া লুসিফার ম্যাচের কাঠি তৈরী করা হয়। ম্যাচ বাক্সের গায়ে বালি ও কাচের গুড়া গাম আঁঠা দিয়া লাগানো থাকে। এই অমসৃণ গায়ে কাঠি ঘষিলেই উহা জ্বলিয়া উঠে। সেফটি ম্যাচের কাঠি তৈরী হয় গামের সঙ্গে পটাসিয়াম ক্লোরেট ও কিছুটা গন্ধক মিশাইয়া। ম্যাচ বাক্সের একপাশে লাল ফসফরাস ও অ্যান্টিমনী সালফাইড মাখানো থাকে।

(ii) চটপট তৈরী করার জন্যও ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। (iii) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) একটি অতি প্রয়োজনীয় আর্দ্রতা বিশোষক

(dehydrant)। (iv) যুদ্ধের সময় ধূম্রজাল (smoke screen) তৈরী করার জন্য এবং আগুনে বোমা তৈরীর জন্যও ফসফরাস ব্যবহার করা হয়।

ফসফরাসের যৌগসমূহ
(Compounds of phosphorus)

(i) **হাইড্রাইড:** হাইড্রোজেনের সঙ্গে ফসফরাস প্রধানত ফসফিন (PH_3) এবং ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড (P_2H_4) নামের যৌগ গঠন করে। সাদা ফসফরাসের সঙ্গে কষ্টিক সোডা ফুটাইলে ফসফিন তৈরী হয়। ইহা গ্যাসীয়, বিষাক্ত, দাহ্য ও দুর্গন্ধ-যুক্ত পদার্থ। ইহা PH_4^+ মূলক গঠন করিলেও ধর্মে ইহার সঙ্গে NH_3-এর বিশেষ সাদৃশ্য নাই।

(ii) **অক্সাইড:** অক্সিজেনের সঙ্গে গঠন করে প্রধানত ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3) এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5)।

(iii) **ক্লোরাইড:** ক্লোরিনের সঙ্গে গঠন করে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইড (PCl_3) এবং ফসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইড (PCl_5)।

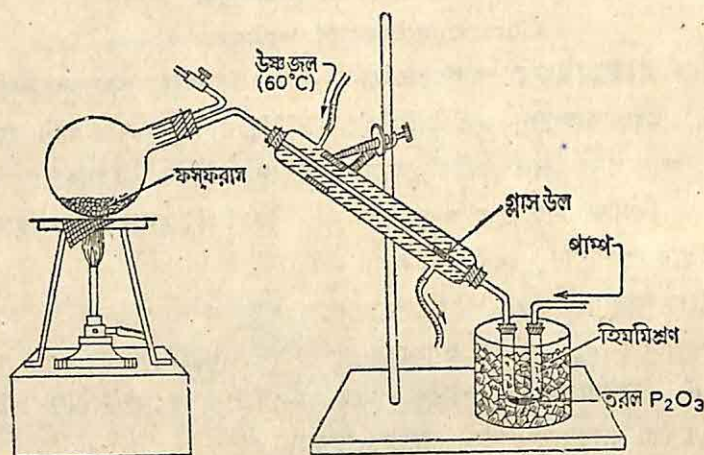
(iv) **অ্যাসিড:** ফসফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) ও ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) নামে ফসফরাস দুইটি প্রধান অ্যাসিড গঠন করে।

ফসফরাসের বিভিন্ন অক্সাইড
(Different oxides of phosphorus)

1. **ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড** (Phosphorus trioxide) [P_2O_3]: ফসফরাসকে স্বল্প বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা: $4P + 3O_2 = 2P_2O_3$ (ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড)

এরূপ পদ্ধতিতে উৎপন্ন ট্রাই-অক্সাইডের (P_2O_3) সঙ্গে স্বল্প পরিমাণে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) মিশ্রিত থাকে। ফসফরাস পেণ্টক্সাইড 60°C তাপাংকে কঠিন আকার লাভ করে কিন্তু ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে।

একটি ফ্লাস্কের মধ্যে স্বল্প বায়ুতে ফসফরাস জারিত করিয়া প্রথমে মিশ্র ট্রাই- ও পেণ্টক্সাইড গ্যাস তৈরী করা হয় এবং মিশ্র গ্যাস স্বল্প গ্লাসউল-ভরা একটি কাচের নলের ভিতর দিয়া চালানো হয়! এই নলটি একটি কাচের

জ্যাকেটে আবৃত থাকে। কাচের নলের ভিতর দিয়া মিশ্র গ্যাস চালাইবার সময় জ্যাকেটের ভিতর দিয়া 60°C তাপাংকে উষ্ণ জল প্রবাহিত করা হয়। ইহার ফলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) কঠিন আকারে নলের গ্লাস-উলের

ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

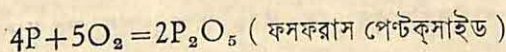
মধ্যে সঞ্চিত হয় এবং ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসীয় অবস্থায় কাচের নল হইতে নির্গত হইয়া হিমমিশ্রণের (বরফ + লবণ) মধ্যে স্থাপিত একটি U-নলে প্রবেশ করিয়া কঠিন আকার লাভ করে। কাচের নলে গ্যাসের প্রবাহ অব্যাহত রাখার জন্য নিষ্কাশন পাম্প ব্যবহার করা হয়।

ধর্ম (Properties) : ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড বর্ণহীন কেলাসিত পদার্থ। ইহাতে রসুনের গন্ধ পাওয়া যায়। ট্রাই-অক্সাইড বায়ুর সংস্পর্শে সহজেই পেণ্টক্সাইডে পরিণত হয়। ইহা একটি বিজারক পদার্থ। ইহা অ্যাসিড-ধর্মী অক্সাইড বলিয়া জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফসফরাস অ্যাসিড গঠন করে। যথা :

$P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$; $P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$ (ফসফরাস অ্যাসিড)

2. **ফসফরাস পেণ্টক্সাইড** (Phosphorus pentoxide) [P_2O_5]

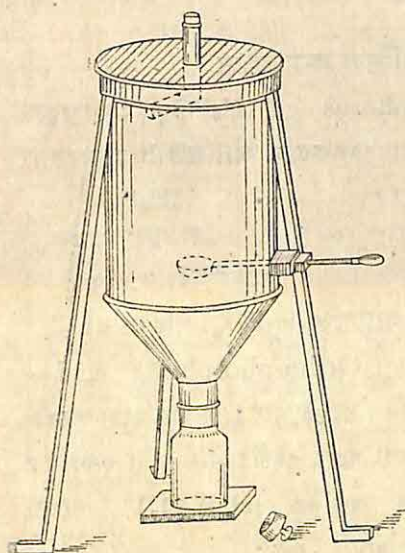
ফসফরাস অতিরিক্ত বায়ুতে দহন করিলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড তৈরী হয়। যথা :

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$ (ফসফরাস পেণ্টক্সাইড)

একটি কাচের বাটি বা চামচের মধ্যে সাদা ফসফরাস রাখিয়া তাহা বেলজারের

মধ্যে রাখিয়া প্রজ্বলিত করিলে প্রচুর ধোঁয়ার আকারে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড তৈরী হয় এবং ইহা পাউডারের আকারে বেলজারে সঞ্চিত হয়।

বেলজারের মধ্যে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড প্রস্তুতি

বৃহদায়তন পদ্ধতি (Large scale preparation): বৃহদায়তনে ফসফরাস পেণ্টকসাইড তৈরী করা হয় লোহার সিলিণ্ডারের মধ্যে সাদা ফসফরাস পোড়াইয়া বা জারিত করিয়া। এরূপ সিলিণ্ডারের একপাশে একটি আগম-নল ফিট করা থাকে। একটি তামার চামচে ফসফরাস রাখিয়া তাহা এই আগম-নলের মাধ্যমে সিলিণ্ডারের ভিতর স্থাপন করা হয়। সিলিণ্ডারের তলায় একটি বোতল স্থাপিত থাকে। সিলিণ্ডারের বায়ুর মধ্যে ফসফরাস দহনের ফলে যে ফসফরাস পেণ্টকসাইড তৈরী হয় তাহা পাউডাররূপে সংগৃহীত হয়।

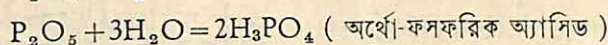
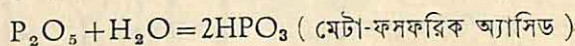
এরূপ উপায়ে প্রাপ্ত ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সঙ্গে স্বল্প পরিমাণে ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3) মিশ্রিত থাকে। তাই এরূপ ফসফরাস পেণ্টক্সাইড আবদ্ধ কাচের নলের মধ্যে রাখিয়া শুষ্ক বায়ু অথবা বিশুদ্ধ অক্সিজেনের প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয় এবং ট্রাই-অক্সাইডকে জারিত করিয়া বিশুদ্ধ পেণ্টক্সাইড তৈরী করা হয়।

ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের বৃহদায়তন প্রস্তুতি

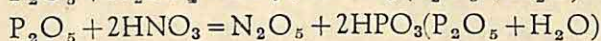
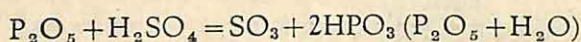
ধর্ম: ফসফরাস পেণ্টক্সাইড দেখিতে সাদা পাউডারের ন্যায়। বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহার কোন গন্ধ নাই। আয়োডিন ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ন্যায় ইহাকেও তাপের প্রভাবে ঊর্ধ্বপাতিত (sublimate) করা যায়।

ফসফরাস পেণ্টক্সাইড সবচেয়ে **ক্ষমতাশালী বিশোষক** (dehydrating agent)। অতি সহজেই ইহা

জলীয় বাষ্প শোষণ করিতে পারে বলিয়া ডেসিকেটার অথবা গ্যাস টাওয়ারের মধ্যে গ্যাস, তরল বা কঠিন অবস্থায় প্রাপ্ত আর্দ্র পদার্থ শুষ্ক করিবার জন্য ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ব্যবহার করা হয় এবং ইহা জল শোষণ করিয়া নিজে সিক্ত হইয়া যায়। ইহা একটি অ্যাসিডধর্মী অক্সাইড। শীতল জলের সঙ্গে হিস্ হিস্ শব্দ করিয়া ইহা মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড (meta-phosphoric acid) এবং গরম জলের সঙ্গে অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড (ortho-phosphoric acid) গঠন করে। যথা :

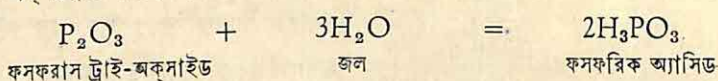
$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$ (মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড)

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড)

ইহা সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শোষণ করিয়া যথাক্রমে সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) ও নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5) উৎপাদন করে।

$$P_2O_5 + H_2SO_4 = SO_3 + 2HPO_3 \, (P_2O_5 + H_2O)$$
$$P_2O_5 + 2HNO_3 = N_2O_5 + 2HPO_3 (P_2O_5 + H_2O)$$

ফসফরাস টেট্রক্সাইড (P_2O_4) নামেও ফসফরাসের আরেকটি অক্সাইড আছে।

ফসফরাসের বিভিন্ন অ্যাসিড

1. **ফসফরাস অ্যাসিড** [Phosphorus acid (H_3PO_3)] : ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড শীতল জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ফসফরাস অ্যাসিড** তৈরী করে।

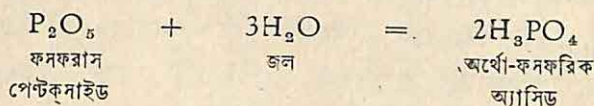
P_2O_3	+	$3H_2O$	=	$2H_3PO_3$
ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড		জল		ফসফরিক অ্যাসিড

ফসফরাস অ্যাসিড সাদা ও স্ফটিকাকার পদার্থ ; সহজেই ইহা জলে দ্রবীভূত হয় এবং বায়ুতে রাখিয়া দিলে ফসফরিক অ্যাসিডে (H_3PO_4) পরিণত হয়।

2. **অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড** (Ortho-phosphoric acid—H_3PO_4) : তিন রকম ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। উহার মধ্যে অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) প্রধান এবং অপর দুইটির নাম মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড (HPO_3) ও পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$)। অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড কয়েকভাবে তৈরী করা যায়। যথা :

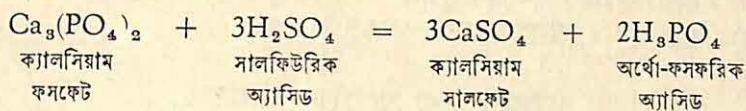
(i) **ফরফরাস পেণ্টক্সাইড হইতে** (From phosphorus pentoxide) : ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) জলে মিশাইলে হিস্ হিস্

শব্দ করিয়া জলের মধ্যে অক্সাইডটি দ্রবীভূত হইয়া যায়। এই জলীয় দ্রবণ ফুটাইলেও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড গঠিত হয়। যথা :

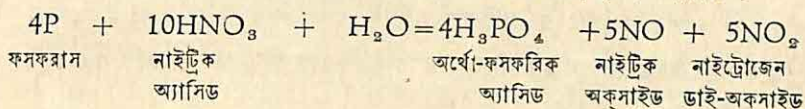
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

ফসফরাস পেন্টক্সাইড | জল | অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড

(ii) **অস্থিভস্ম বা ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে** (From bone ash or phosphate minerals) : অস্থিভস্ম বা খনিজ পদার্থরূপে প্রাপ্ত ক্যালসিয়াম ফসফেট লবণের [$Ca_3(PO_4)_2$] চূর্ণ সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে উত্তপ্ত করিলে সিরাপের ন্যায় এক রকম তরল তৈরী হয়। এই তরলই অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড। ইহা ক্যালসিয়াম সালফেট হইতে ছাঁকিয়া এবং পরে বাষ্পায়িত করিয়া ঘন করা হয়। যথা :

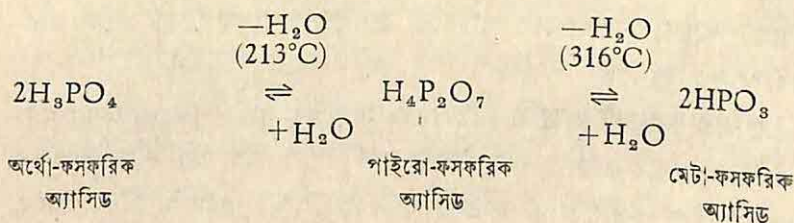
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

ক্যালসিয়াম ফসফেট | সালফিউরিক অ্যাসিড | ক্যালসিয়াম সালফেট | অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড

(iii) **লাল ফসফরাস জারণে** (Oxidation of red phosphorus) : ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে লাল ফসফরাস ফুটাইলেও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় **সাদা ফসফরাস ব্যবহার করিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে**। তাই নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে **লাল ফসফরাস** ফুটানো হয়। উৎপন্ন তরলকে প্রথমে ঘন করিয়া এবং পরে শীতল বিশোষকের মধ্যে রাখিয়া অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডকে ক্রিস্টালে পরিণত করা হয়। যথা :

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

ফসফরাস | নাইট্রিক অ্যাসিড | অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড | নাইট্রিক অক্সাইড | নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

ধর্ম (Properties) : বিশুদ্ধ অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড একটি কঠিন ও উদ্‌গ্রাহী এবং বর্ণহীন পদার্থ। ইহা জলে বিশেষ দ্রবণীয়। ইহা মৃদু অ্যাসিড এবং ইহার অণুতে প্রচুর অক্সিজেন থাকা সত্ত্বেও অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের জারণ ক্ষমতা খুব কম। **উত্তপ্ত করিলে উহা প্রথমে পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড, পরে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়**। ইহা একটি প্রতিমুখী (reversible) বিক্রিয়া। যথা :

$$2H_3PO_4 \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O\ (213^\circ C)}{\rightleftharpoons}} H_4P_2O_7 \underset{+H_2O}{\overset{-H_2O\ (316^\circ C)}{\rightleftharpoons}} 2HPO_3$$

অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড | পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড | মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড

ফসফেট লবণ (Phosphates) : ধাতু দ্বারা অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া অথবা ক্ষার বা ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ফসফেট লবণ তৈরী করা যায়। অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিডের (H_3PO_4) মধ্যে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। তাই, এই অ্যাসিড তিন রকম লবণ গঠন করিতে পারে। যথা :

(i) NaH_2PO_4—সোডিয়াম হাইড্রোজেন (প্রাইমারী) ফসফেট
(ii) Na_2HPO_4—ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন (সেকেণ্ডারী) ফসফেট
(iii) Na_3PO_4—ট্রাই সোডিয়াম (টারসিয়ারী) ফসফেট

ইহা ছাড়াও $(NH_4)_2HPO_4$, $(NH_4)H_2PO_4$, $(NH_4)_3PO_4$
$Mg_3(PO_4)_2$; $Ca_3(PO_4)_2$: $Zn_3(PO_4)_2$, $FePO_4$, $AlPO_4$
ইত্যাদি যৌগগুলি বিভিন্ন ফসফেট লবণের উদাহরণ।

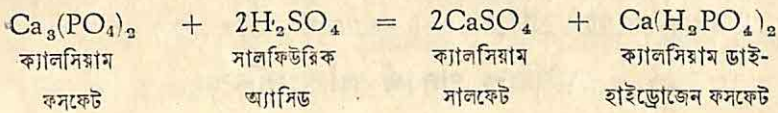
ফসফেট ও সুপার-ফসফেট
(Phosphate and super-phosphate)

জমিতে আগে ফসফরাস সংগৃহীত হইত প্রাকৃতিক উপায়ে। জীবজন্তুর পচা দেহ ও হাড় এবং মলমূত্র হইতে জমি ফসফরাস সংগ্রহ করিত। কিন্তু মৃত দেহকে কবর দেওয়া এবং শ্মশানে পোড়ানোর নীতি প্রবর্তিত হওয়ার ফলে এবং জীবজন্তুর হাড় জমি হইতে সংগ্রহ করিয়া অন্যত্র চালান দেওয়ার জন্য কৃষির জমিতে ফসফরাসের পরিমাণ ক্রমশ হ্রাস পাইয়াছে। তাই কৃষির জমিতে ফরফরাসের কৃত্রিম সার সরবরাহ করার প্রয়োজন অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ হইয়া উঠিয়াছে।

কৃত্রিম সার ব্যবহার করা হয় প্রধানত ক্যালসিয়াম ফসফেট [$Ca_3(PO_4)_2$] লবণরূপে। এই ক্যালসিয়াম ফসফেট পাওয়া যায় (i) প্রাণীর অস্থিরূপে (ii) খনিজ লবণরূপে এবং (iii) লৌহ শিল্পে ধাতুমল তথা স্ল্যাগরূপে (slag)। কিন্তু হাড় ও খনিজ ক্যালসিয়াম ফসফেট চূর্ণ জমিতে সহজে দ্রবীভূত হয় না। তাই, উদ্ভিদ্ ইহা সহজে গ্রহণ করিতে পারে না। সেজন্য সরাসরি ক্যালসিয়াম ফসফেট সাররূপে ব্যবহারের পরিবর্তে **দ্রবণীয় সুপারফসফেট** নামের সার ব্যবহার করা হয়।

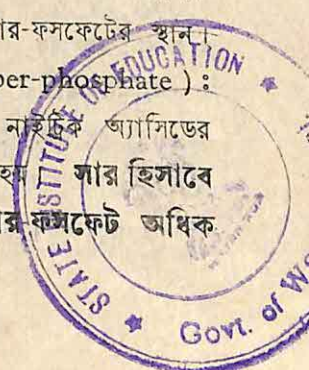
সুপার-ফসফেট প্রস্তুতি (Preparation of super-phosphate of lime) : সুপার-ফসফেট সার তৈরী করা হয় অ্যাপেটাইট ও ফসফরাইট-জাতীয় খনিজ ক্যালসিয়াম ফসফেট [$Ca_3(PO_4)_2$] এবং প্রায় 70% ঘন

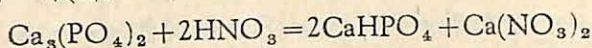
সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্রিয়ান্বিত করিয়া। খনিজ ক্যালসিয়াম ফসফেটের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া প্রায় দুই দিন রাখিয়া দেওয়া হয়। এরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে মিশ্র পদার্থটি উৎপন্ন হয় তাহা শুকাইয়া গুড়া করা হয়। এইভাবে যে মিশ্র পদার্থ তৈরী হয় তাহার মধ্যে পাওয়া যায় অনেকাংশে দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট এবং প্রায় অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফেট। যথা:

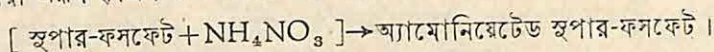
$Ca_3(PO_4)_2$	+	$2H_2SO_4$	=	$2CaSO_4$	+	$Ca(H_2PO_4)_2$
ক্যালসিয়াম ফসফেট		সালফিউরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম সালফেট		ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট

ক্যালসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট ও আর্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেটের মিশ্রণকে $[Ca(H_2PO_4)_2+2CaSO_4, 2H_2O]$ **বলা হয় সুপার-ফসফেট**। এই সুপার-ফসফেট হইতে গাছ তাহার প্রয়োজনীয় ফসফরাস সহজেই সংগ্রহ করিতে পারে।

কোন কোন ক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ঘন ফসফরিক অ্যাসিড ও ক্যালসিয়াম ফসফেট একত্রে ক্রিয়ান্বিত করিয়া **ট্রিপল্ সুপার-ফসফেট** (Triple super phosphate) তৈরী করা হয়। এরূপ সারে ফসফরাসের পরিমাণ সুপার-ফসফেটের চেয়ে তিন গুণ বেশি।

ত্রিশ মণ গম উৎপাদনের জন্য প্রায় 9 সের ফসফরাসের প্রয়োজন। টিউনিশিয়া, আলজেরিয়া ও মরোক্কো এবং অন্যান্য দেশেও খনিজ ফসফেট পাওয়া যায়। এক মরক্কোর ফসফেট ভাণ্ডারই প্রায় 3000 কোটি মণ। তবু যে হারে ফসফেট ব্যবহৃত হইতেছে তাহার ফলে ভবিষ্যতে ফসফেটের 'দুর্ভিক্ষ' দেখা দেওয়ার এক গুরুতর আশঙ্কা সৃষ্টি হইয়াছে বিজ্ঞানীদের সামনে। বর্তমানে প্রতি বৎসর প্রায় 2·5 কোটি টন সুপার-ফসফেট তৈরী হয়। পৃথিবীতে বিভিন্ন দেশে যে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করা হয় তাহার অধিকাংশ ব্যবহার করা হয় সুপার-ফসফেট উৎপাদনের জন্য। ভারী রাসায়নিক উৎপাদনের পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরেই সুপার-ফসফেটের স্থান।

নাইট্রেটেড সুপার-ফসফেট (Nitrated supper-phosphate): খনিজ ফসফেটের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রেটেড সুপার-ফসফেট তৈরী করা হয়। **সার হিসাবে সাধারণ সুপার-ফসফেটের চেয়ে নাইট্রেটেড সুপার-ফসফেট অধিক**

কার্যকরী। কারণ, ইহাতে একই সঙ্গে সারের মধ্যে ফসফরাস ও নাইট্রোজেন থাকে। নাইট্রেটেড স্থপার-ফসফেট তৈরীর বিক্রিয়া :

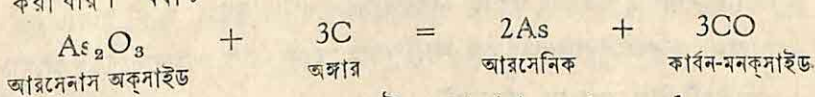
$$Ca_3(PO_4)_2 + 2HNO_3 = 2CaHPO_4 + Ca(NO_3)_2$$

অ্যামোনিয়েটেড স্থপার-ফসফেট (Ammoniated super-phosphate) : সাধারণ স্থপার-ফসফেটের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার নাইট্রেট মিশ্রিত করিয়া এরূপ কৃত্রিম সার তৈরী করা যায়। যথা :

[স্থপার-ফসফেট $+ NH_4NO_3$] $\rightarrow$ অ্যামোনিয়েটেড স্থপার-ফসফেট।

মৌলিক পদার্থ আরসেনিক

(Arsenic – As)

আরসেনিক একটি মৌলিক পদার্থ। ইহার সংকেত—As এবং পারমাণবিক ওজন 75 ; এই মৌলটিও ফসফরাসের ন্যায় নাইট্রোজেনের সমগোত্রীয় (analogue)। তাই আরসেনিককেও নাইট্রোজেনের পরিবারের সভ্য বলা হয়। আরসেনিকও নাইট্রোজেনের ন্যায় অ-ধাতু। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের ন্যায় ইহার যোজন-ক্ষমতার তিন ও পাঁচ। ইহাও নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের ন্যায় দুই রকম অক্সাইড গঠন করে। যথা : As_2O_3, As_2O_5 ; ইহার অক্সাইডগুলিও নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের ন্যায় অ্যাসিডধর্মী এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আরসেনাস (H_3AsO_3) ও আরসেনিক অ্যাসিড (H_3AsO_4) গঠন করে। আরসেনিকেরও দুই রকম ক্লোরাইড গঠিত হয় ($AsCl_3$, $AsCl_5$) : হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইলে ইহাও আরসিন (AsH_3) গ্যাস তৈরী করে।

আরসেনিক মৌল এবং আরসেনিকের যৌগ উভয়ই বিষাক্ত। মধ্যযুগে অ্যালকেমিস্টরাও আরসেনিক তৈরী করার উপায় জানিতেন। আরসেনিকের অক্সাইডকে কাঠ-কয়লার সঙ্গে কড়া তাপে উত্তপ্ত করিলেই আরসেনিক তৈরী করা যায়। যথা :

$$\underset{\text{আরসেনাস অক্সাইড}}{As_2O_3} + \underset{\text{অঙ্গার}}{3C} = \underset{\text{আরসেনিক}}{2As} + \underset{\text{কার্বন-মনক্সাইড}}{3CO}$$

আরসেনাইট ও আরসেনেট লবণ (Arsenite and arsenate salt) : আরসেনিকের লবণকে বলা হয় আরসেনাইট ও আরসেনেট। AsO_3-যৌগ মূলকের লবণকে বলা হয় **আরসেনাইট** এবং AsO_4-যৌগমূলকের লবণকে বলা হয় **আরসেনেট**। আরসেনাইট আরসেনাস

অ্যাসিডের (H_3AsO_3) লবণ এবং আরসেনেট আরসেনিক অ্যাসিডের (H_3AsO_4) লবণ। যথা:

Na_3AsO_3—সোডিয়াম আরসেনাইট এবং Na_3AsO_4—সোডিয়াম আরসেনেট।

আরসেনাইট ও আরসেনেট লবণ দুইটি বিষাক্ত দ্রব্য। ইহাদের বিষাক্ত প্রকৃতির জন্য কীটাণুনাশক (insecticide) রাসায়নিকরূপে ব্যবহৃত হয়। ফল ও ফুলের বাগানে এবং কৃষিক্ষেত্রে কীটাণু নাশের জন্য এবং আগাছা নির্মূল করার জন্য আরসেনিকের লবণ,—সোডিয়াম আরসেনাইট ও লেড আরসেনেট—ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। রঙ তৈরী করার জন্য এবং ক্যালিকো প্রিন্টিংএর কাজেও আরসেনিকের লবণ আরসেনাইট ও আরসেনেট ব্যবহার করা হয়। উজ্জ্বল বর্ণের কপার আরসেনাইট লবণকে শিলির গ্রীন (Scheele's green) - [$CuHAsO_3$ or $Cu_3(AsO_3)_2, H_2O$] বলা হয়। ইহা রং এবং কীটাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। কিউপ্রিক আরসেনাইট ও অ্যাসিটেট মিশ্রণকে প্যারিস গ্রীণ (Paris green) [$Cu(CH_3COO)_2$, $3Cu(AsO_2)_2$] বলা হয়। ইহা কীটাণুনাশক এবং জল-রঙ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন

1. ফসফরাসজাতীয় খনিজ পদার্থ হইতে ফসফরাস কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয়? সাদা এবং লাল ফসফরাসের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। কি প্রকারে একজাতীয় ফসফরাস অপর জাতীয় ফসফরাসে রূপান্তরিত হইতে পারে? [H. S. Exam. (Comp.) 1964]

2. খনিজ ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে কি প্রকারে সাদা ফসফেট তৈরী করা হয়? সাদা ফসফরাস হইতে কি প্রকারে (a) লাল ফসফরাস, (b) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড এবং (c) অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড তৈরী করিবে? [H. S. Exam. 1961]

3. হাড় অঙ্গার এবং অস্থিভস্ম বলিতে কি বোঝ? অস্থিভস্ম হইতে (a) অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড, এবং (b) সাদা ফসফরাস কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে? সুপার-ফসফেট অফ লাইম (ক্যালসিয়াম) কি পদার্থ এবং ইহার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

[H. S. Exam. 1962 ; '63 (Comp.) '67]

4. যে যে মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন রূপ আছে উহাদের দুইটির নাম কর এবং উহাদের রূপভেদ বিবৃত কর। উহাদের যে কোন একটি মৌলের দুইটি রূপভেদের উৎপাদন বর্ণনা কর এবং উহাদের বিভিন্ন ধর্মের তুলনা কর। এই দুইটি রূপভেদই যে একই মৌলের উপাদান উহা কি প্রকারে প্রমাণ করিবে?

[H. S. Exam. (Comp.) 1962]

5. বহুরূপতা বলিতে কি বোঝ? ফসফরাসের দুইটি রূপভেদের উৎপাদন-পদ্ধতির বর্ণনা কর। উহাদের ধর্মের বর্ণনা কর। ফসফরাসের সহিত নাইট্রোজেনের রাসায়নিক সাদৃশ্যের সঙ্গতি দেখাও।

[H. S. Exam. (Comp.) 1961]

6. আরসেনাইট এবং আরসেনেটের সংকেত বা ফর্মুলা লিখ এবং ইহাদের যে-কোন একটির ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান উহার বর্ণনা কর।

[H. S. Exam. (Comp.) 1963]

7. কি ঘটিবে লিখ :—

(i) সাদা ফসফরাস বাতাসের সংস্পর্শে আসিলে, (ii) লাল ফসফরাস বাতাসে রাখিলে (iii) সাদা এবং লাল ফসফরাস পৃথক্ ভাবে কষ্টিক পটাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায়, (iv) ফসফরাস শীতল জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে, (v) ফসফরাস নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইলে এবং (vi) সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের বিক্রিয়ায়।

গ্যাসের উপর চাপ ও তাপের প্রভাব ঃ বয়েল ও চার্লসের সূত্র

গ্যাসীয় পদার্থে অণুগুলির পারস্পরিক দূরত্ব এতটা বেশি থাকে যে এই অণুগুলি পরস্পরকে আকর্ষণ করিয়া একত্র সন্নিবিষ্ট রাখিতে পারে না। তাই গ্যাসীয় পদার্থের কোন সুনির্দিষ্ট আকারও থাকে না, সুনির্দিষ্ট আয়তনও থাকে না। আবদ্ধ পাত্রে না রাখিলে গ্যাস চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে, এবং সেজন্য গ্যাসীয় পদার্থ মাত্রেরই সম্প্রসারণশীলতা (expanding capacity) বর্তমান। গ্যাসের এরূপ সম্প্রসারণশীলতার জন্য গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে **গতিশক্তি** (kinetic energy) বর্তমান। এইজন্য আবদ্ধ পাত্রের মধ্যে কোন গ্যাস রাখিলে গ্যাসের অণুগুলি অবিরত পাত্রের দেওয়ালে আঘাত করিতে থাকে এবং এইভাবে দেওয়ালের গায়ে একটি চাপ সৃষ্টি করে। এরূপ চাপকে বলা হয় **গ্যাসের চাপ বা গ্যাস প্রেসার** (gas pressure)।

পদার্থের উপরে চাপ ও তাপের প্রভাব

(Effects of pressure and temperature on matter)

আয়তন ও চাপ (Volume and pressure) ঃ কঠিন পদার্থের মধ্যে কার্যত অণুগুলির পারস্পরিক ব্যবধান নাই বলিয়া চাপের প্রভাবে কঠিন পদার্থের আয়তনে কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না। তরল পদার্থে অণুগুলির পারস্পরিক ব্যবধান আছে, কিন্তু তাহা খুব সামান্য। তাই চাপের প্রভাবে তরল পদার্থের আয়তন নগণ্য পরিমাণে পরিবর্তিত হয়। 100 c.c. জলের উপরে দুই বায়ু-চাপের (two atmospheric pressures) প্রভাবে জলের আয়তন হ্রাস পাইয়া দাঁড়ায় 99·99 c.c.

গ্যাসীয় পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক ব্যবধান খুব বেশি। তাই চাপের প্রভাবে অণুগুলি পরস্পরের নিকটে আসিয়া ঘন সন্নিবিষ্ট হইতে আরম্ভ করিলে গ্যাসের ঘনত্ব বাড়ে কিন্তু তার ফলে আয়তন বিশেষভাবে হ্রাস পায়। চাপ হ্রাস বা বৃদ্ধিতে গ্যাসের আয়তন কিভাবে বাড়ে বা কমে সেই নিয়মটি 1662 খ্রীষ্টাব্দে সূত্রাকারে প্রথম প্রকাশ করেন আইরিশ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল

(Robert Boyle) ইহা **বয়েলের সূত্র** বা **বয়েলস্ ল** (Boyle's law) নামে পরিচিত।

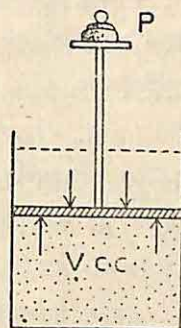
আয়তন ও উষ্ণতা (Volume and temperature): তাপের প্রভাবে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনে উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটে। কিন্তু গ্যাসীয় পদার্থের তুলনায় তাপের প্রভাবে কঠিন পদার্থের আয়তনে সামান্য পরিবর্তন ঘটে, তরল পদার্থে ঘটে অপেক্ষাকৃত বেশি। 1C0 c.c. জল 0°C তাপাংক হইতে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে জলের আয়তন দাঁড়াইবে 102 c.c. কিন্তু একই মাত্রার উষ্ণতার পরিবর্তনে 100 c.c. আয়তনের যে কোন গ্যাসের আয়তন হইবে 136·6 c.c.; সুতরাং দেখা যায় তাপের প্রভাবে গ্যাসের আয়তন বিশেষভাবে পরিবর্তিত হয়। কত তাপাংকের পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তন কিরূপ পরিমাণে পরিবর্তিত হয় সেই নিয়মটি সূত্রাকারে 1787 খ্রীষ্টাব্দে প্রথম নির্দেশ করেন **বিজ্ঞানী চার্লস্** (Charles) এবং 1801 খ্রীষ্টাব্দে এই সূত্রটি বিজ্ঞানী ডলটন্ (Dalton) ও গে-লুসাকও (Gay Lussac) স্বতন্ত্র-ভাবে নির্ণয় করেন। ইহা সাধারণত **চার্লস্ সূত্র** (Charles' law) নামে পরিচিত।

যে কোন গ্যাসের উপর সম-মাত্রার চাপ ও উষ্ণতার সমান প্রভাব: বিভিন্ন তরল অথবা কঠিন পদার্থের উপর চাপের এবং উষ্ণতার প্রভাব বিভিন্ন। কিন্তু একই আয়তনের যে-কোন গ্যাসের উপর একই মাত্রার চাপ বা উষ্ণতার প্রভাবে একই পরিমাণে আয়তন পরিবর্তিত হইবে। ইহা গ্যাসীয় পদার্থের এক বিশিষ্ট ধর্ম। যথা:

সম মাত্রার চাপ ও উষ্ণতার পরিবর্তনে যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন সমপরিমাণে পরিবর্তিত হয়।

100 c.c. বায়ু, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, কার্বন-মনক্সাইড তথা, যে কোন গ্যাসের উপর চাপের মাত্রা দ্বিগুণ করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া হইবে 50 c.c. এবং এরূপ যে কোন গ্যাস 0°C হইতে 100°C পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া 136·6 c.c. হইবে।

আরও লক্ষ্যের বিষয় এই যে গ্যাসের উপরে চাপ ও উষ্ণতার প্রভাব বিপরীতমুখী। চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমে এবং উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন বাড়ে।

গ্যাসের চাপ (Pressure of gas) : একটি সিলিণ্ডারের মধ্যে গ্যাস ভরিয়া একটি পিষ্টনের সাহায্যে তার উপরে P-পরিমাণ ওজন চাপান হইল। এই P-ওজনের চাপে সিলিণ্ডারটির গ্যাস সংকুচিত হইবে। মনে কর, এরূপ সংকোচনের ফলে গ্যাসের আয়তন দাঁড়ায় V c.c. ; P-ওজনের চাপে গ্যাস আরও বেশী মাত্রায় সংকুচিত হয় না কেন? পিষ্টনের উপর রক্ষিত P-ওজনের জন্য গ্যাসের উপরে উপর দিক হইতে নীচের দিকে অর্থাৎ নিম্নমুখী চাপ পড়িতেছে। আবার গ্যাসও পিষ্টনকে নীচের দিক হইতে উপরের-দিকে অর্থাৎ উর্ধ্বমুখী চাপ দিতেছে। গ্যাসের নিজস্ব কোন চাপ না থাকিলে পিষ্টনটি অতিরিক্ত P-ওজন সহ নিজের ভারে গ্যাসভরা পাত্রের তলায় পড়িয়া যাইত। কিন্তু পিষ্টনটি নিচের দিকে চাপ দিয়া গ্যাসকে কিছুটা সংকুচিত করিয়া স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া থাকে।

গ্যাসের চাপ

কারণ, **পিস্টনের নিম্নমুখী এবং গ্যাসের উর্ধ্বমুখী চাপ সমান হয়।** সুতরাং বলা যায়, গ্যাসের চাপ দেওয়ার ক্ষমতা পিষ্টনে P-চাপের সমান। তাই V c.c. পর্যন্ত গ্যাসকে সংকুচিত করিয়া পিষ্টনটি স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে। অর্থাৎ গ্যাসেরও চাপ দেওয়ার ক্ষমতা আছে এবং এই ক্ষমতার পরিমাণ পিষ্টনের চাপের সমান=P ; সুতরাং আমরা বলিতে পারি যে V c.c. গ্যাসের চাপও=P ; সম্প্রসারণধর্মী গ্যাসকণাগুলি অবিরত পিষ্টনের গায় আঘাত করে বলিয়া গ্যাসের এরূপ চাপ সৃষ্টি হয়।

গ্যাসের চাপ : গ্যাসের চাপ মাপা হয় বায়ুর চাপের সঙ্গে তুলনা করিয়া। বায়ুর চাপ মাপা হয় ব্যারোমিটারের পারদ-স্তম্ভের সাহায্যে। গ্যাসের চাপও তাই ব্যারোমিটারের পারদ-স্তম্ভের মাত্রা অনুযায়ী মাপা হয়।

গ্যাসের উষ্ণতা (Temperature of gas) : গ্যাসের উষ্ণতা মাপা হয় সেন্টিগ্রেড মাত্রায় থার্মোমিটারের সাহায্যে। যথা, 50°C, 60°C ইত্যাদি।

গ্যাসীয় আয়তনের পরিমাপ (Measurement of the volume of gas) : গ্যাসের আয়তন সব সময়ে চাপ ও তাপের উপরে নির্ভর করে। যদি লেখা হয় 20 c.c. অক্সিজেন—তবে ইহাতে আয়তনের যথার্থ হিসাবে বোঝা যায় না। এই গ্যাসের উষ্ণতা বা তাপাংক তথা টেম্পারেচার (temperature) এবং চাপ বা প্রেসার (pressure) কত—আয়তনের সঙ্গে সেই কথাও লেখা প্রয়োজন। **গ্যাসের আয়তন নির্ভর করে নির্দিষ্ট চাপ ও তাপের উপর।**

সাধারণত কোন গ্যাসের উষ্ণতা মাপা হয় সেন্টিগ্রেড (C) তাপাংকে। যথা, 50°C ; গ্যাসের চাপ মাপা হয় বায়ুর চাপ অনুযায়ী এবং বায়ুর চাপ

(atmospheric pressure) মাপা হয় ব্যারোমিটারের পারদ-স্তম্ভের দৈর্ঘ্য অনুযায়ী। অর্থাৎ, পারদ-স্তম্ভের ওজন না লিখিয়া স্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা ওজন নির্দেশ করা হয়। ব্যারোমিটারের পারদ-স্তম্ভ যদি 75 cm. মাত্রায় দাঁড়াইয়া থাকে তবে বায়ুর চাপ হইবে পারদ-স্তম্ভের 75 cm. বা 750 mm ; [cm.—সেন্টিমিটার ; mm.—মিলিমিটার]। গ্যাসের চাপও হইবে 75 cm. বা 750 mm. পারদ-স্তম্ভ ; **গ্যাসের আয়তন লেখার সময় সর্বদা উষ্ণতা ও চাপের পরিমাণও লিখিতে হইবে**। উদাহরণস্বরূপ শুধু 20 c.c. অক্‌সিজেন না লিখিয়া, লিখিতে হইবে 50°C উষ্ণতায় এবং 750 mm. চাপে 20 c.c. অকসিজেন।

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা (N. T. P. বা S. T. P.) : **উষ্ণতা বা টেম্পারেচার মাপার ক্ষেত্রে 0°Cকে বলা হয় প্রমাণ উষ্ণতা** অথবা **নর্ম্যাল বা স্ট্যাণ্ডার্ড টেম্পারেচার** (normal or standard temperature) এবং 760 mm. **চাপ বা প্রেসারকে বলা হয় প্রমাণ চাপ বা নর্ম্যাল বা স্ট্যাণ্ডার্ড প্রেসার** (normal or standard pressure)। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতার সংকেত লেখা হয় N. T. P. বা S. T. P. অর্থাৎ নর্ম্যাল বা স্ট্যাণ্ডার্ড টেম্পারেচার ও প্রেসার,—এই কথা দুইটির সংকেত দ্বারা। যথা। N.T.P.-তে 10 c.c. গ্যাস ; অর্থাৎ 0°C তাপাংকে এবং 760 mm. চাপে 10 c.c. গ্যাস।

গ্যাস সূত্র দুইটির প্রয়োজনীয়তা : কঠিন ও তরল পদার্থ ওজন হিসাবে মাপা যায়। কিন্তু সামান্য ওজনের গ্যাস ওজন হিসাবে মাপা কষ্টসাধ্য। কিন্তু রাসায়নিক কাজে সদাসর্বদা গ্যাসের ওজন মাপা প্রয়োজন হয়। গ্যাসের ওজন নির্ভর করে ইহার চাপ ও তাপাংকের উপরে। নির্দিষ্ট চাপ ও তাপাংকে কিভাবে গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা যায় তাহা বয়েল ও চার্লসের গ্যাস সূত্র দুইটি নির্দেশ করে। এজন্যই রসায়ন-বিজ্ঞানে বয়েল ও চার্লসের সূত্র দুইটি অন্তর্ভুক্ত করা হয়।

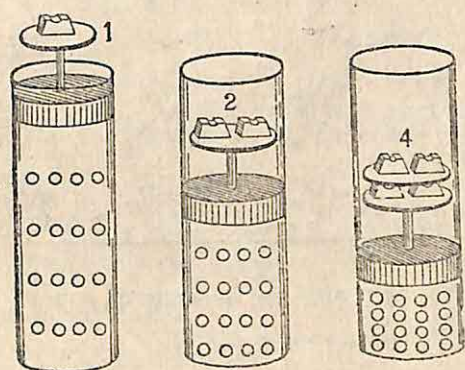
বয়েলের সূত্র (Boyle's Law)

চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমে। পক্ষান্তরে, তাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন বাড়ে। শুধু মাত্র চাপের প্রভাবে গ্যাসের আয়তনে কিরূপ পরিবর্তন ঘটে সেই সম্বন্ধ নির্ণয় করিবার সময় গ্যাসের উষ্ণতা বা তাপাংক অপরিবর্তিত অর্থাৎ স্থির (unchanged or fixed) রাখা প্রয়োজন। **তাপাংক**

অপরিবর্তিত অর্থাৎ স্থির রাখিয়া চাপের পরিবর্তন করিলে অর্থাৎ হ্রাস বা বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তনে যে নিয়মে পরিবর্তন ঘটে বিজ্ঞানী **বয়েল** সেই নিয়মটির সূত্রাকারে প্রথম প্রকাশ করেন। বয়েলের এই সূত্রটি বলে :

স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণের যে-কোন গ্যাসের আয়তন ইহার চাপের বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে (inverse proportion) **পরিবর্তিত হয়।**

এই সূত্রের অর্থ, উষ্ণতা যদি স্থির থাকে অর্থাৎ তাপাংকের হ্রাস বা বৃদ্ধি না হয় তবে চাপ বাড়াইলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন বিপরীত অনুপাতে কমিবে এবং চাপ কমাইলে আয়তন বিপরীত অনুপাতে বাড়িবে।

উদাহরণস্বরূপ 100 c.c. গ্যাস লওয়া হইল। মনে করা যাক, এই গ্যাসের চাপ 760 mm. এবং উষ্ণতা 30°C ; এই 30°C উষ্ণতা স্থির বা অপরিবর্তিত রাখা হইল। কিন্তু চাপ 2×760 mm. অর্থাৎ দ্বিগুণ করা হইল। বয়েলের সূত্র অনুযায়ী 100 c.c. গ্যাসের আয়তন কমিয়া হইবে $\frac{100}{2}$ অর্থাৎ 50 c.c.। এই

চাপের পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্বের পরিবর্তন

100 c.c. গ্যাসের উপরে চারগুণ (4×760 mm.) চাপ বাড়ান হইল। গ্যাসের আয়তন সেই অনুপাতে কমিয়া যাইবে $= \frac{100}{4} = 25$ c.c. , তাপাংক স্থির রাখিয়া 25 c.c. গ্যাসের উপর চাপ কমাইয়া অর্ধেক ($\frac{1}{2} \times 760$ mm.) করা হইল। চাপ এরূপ হ্রাসে বিপরীত অনুপাতে গ্যাসের আয়তন দাঁড়াইবে $2 \times 25 = 50$ c.c.; তাপাংক স্থির রাখিয়া চাপ এক-চতুর্থাংশ (190 mm.) করা হইল। 50 c.c. গ্যাসে বিপরীত অনুপাতে বাড়িয়া হইবে $2 \times 50 = 100$ c.c.

বয়েল সূত্রের ফর্মুলা : বয়েলের সূত্রটি সংকেতাকারে (formula) লেখা যায়। কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় V c.c. পরিমাণ গ্যাস লওয়া হইল। মনে করা যাক এই গ্যাসের চাপ = P ; গ্যাসের চাপ পর পর বাড়াইলে দ্বিগুণ (2P), তিনগুণ (3P) ও চার গুণ (4P) করা হইল। উষ্ণতা স্থির রাখিয়া গ্যাসের V c.c. আয়তন যথাক্রমে কমিয়া হইবে অর্ধেক ($\frac{1}{2}$ V c.c.), এক-তৃতীয়াংশ ($\frac{1}{3}$ V c.c.) এবং এক-চতুর্থাংশ ($\frac{1}{4}$ V c.c.) ; আবার গ্যাসের চাপ কমাইয়া অর্ধেক ($\frac{1}{2}$P), এক-তৃতীয়াংশ ($\frac{1}{3}$P), এক-চতুর্থাংশ ($\frac{1}{4}$P) করা হইল। V c.c. গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে বাড়িয়া হইবে দ্বিগুণ (2V c.c.), তিনগুণ (3V c.c.) এবং চারগুণ (4V c.c.) ; অর্থাৎ,

চাপ বৃদ্ধি		চাপ হ্রাস	
চাপ	আয়তন	চাপ	আয়তন
P	V c.c.	P	V c.c.
$2P = P_1$	$\frac{1}{2}V$ c.c. $= V_1$	$\frac{1}{2}P = P'$	$2V$ c.c. $= V'$
$3P = P_2$	$\frac{1}{3}V$ c.c. $= V_2$	$\frac{1}{3}P = P''$	$3V$ c.c. $= V''$
$4P = P_3$	$\frac{1}{4}V$ c.c. $= V_3$	$\frac{1}{4}P = P'''$	$4V$ c.c. $= V'''$
$nP = P_m$	$\frac{1}{n}V$ c.c. $= V_m$	$\frac{1}{n}P = P_m$	nV c.c. $= V_m$

প্রতিটি পরিবর্তনের ক্ষেত্রে চাপ ও আয়তনের গুণফল (Pressure × Volume = V × P) করিলে দেখা যায় :

চাপ বৃদ্ধির ক্ষেত্রে (V × P)	চাপ হ্রাসের ক্ষেত্রে (V × P)	
$V_1P_1 = \frac{1}{2}V \times 2P = VP$	$V'P'$	$= 2V \times \frac{1}{2}P = VP$
$V_2P_2 = \frac{1}{3}V \times 3P = VP$	$V''P''$	$= 3V \times \frac{1}{3}P = VP$
$V_3P_3 = \frac{1}{4}V \times 4P = VP$	$V'''P'''$	$= 4V \times \frac{1}{4}P = VP$
$V_mP_m = \frac{1}{n}V \times nP = VP$	V_mP_m	$= nV \times \frac{1}{n}P = VP$

এই তথ্যটি অন্যভাবে বিবৃত করিয়া বলা যায় : **স্থির উষ্ণতায় যে**

কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল (pressure × volume) **একটি সুনির্দিষ্ট নিত্য-সংখ্যা বা ধ্রুবক** (constant)। তথা সর্বক্ষেত্রে :

$$P \times V = K \text{ (constant)}$$

সুতরাং লেখা যায়

$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_nV_n = PV = K$; K একটি **নিত্য** বা **স্থির সংখ্যা বা ধ্রুবক** (constant)। সুতরাং ফর্মুলার আকারে লেখা যায় :

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

বিকল্প পদ্ধতি : বীজগণিতের ভ্যারিয়েশন সূত্র জানা থাকিলে বয়েলের এই ফর্মুলাটি সহজেই নির্দেশ করা যায়। যথা :

একটি নির্দিষ্ট পরিমাণের গ্যাসের চাপ যদি হয় P এবং আয়তন V, তবে বয়েলের সূত্র অনুযায়ী অপরিবর্তিত উষ্ণতায় আয়তন (V) চাপের (P) ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, $V \propto \frac{1}{P}$

ইহার অর্থ, V পরিবর্তিত হয় P-র বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে $\left(\frac{1}{P}\right)$ (inverse proportion)।

সুতরাং $V = K \times \frac{1}{P}$ [K একটি নিত্য-সংখ্যা (constant)]

অর্থাৎ $VP = K$

P পর পর পরিবর্তিত হইয়া যদি নূতন চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3, P_n ইত্যাদি হয় এবং V পরিবর্তিত হইয়া যদি নূতন আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, V_n, ইত্যাদি লাভ করে, তবে :

$$V_1P_1 = V_2P_2 = V_3P_3 = V_nP_n = VP = K$$

সুতরাং সংকেতাকারে লেখা যায় : $V_1P_1 = V_2P_2$

উদাহরণস্বরূপ, শূন্য ডিগ্রী (0°C) স্থির উষ্ণতায় বিভিন্ন চাপে 4 গ্রাম হিলিয়াম গ্যাসের যে বিভিন্ন আয়তন পাওয়া যায় সেই চাপ ও আয়তনের ফল গুণ করিলে সব সময়ই একই স্থির বা নিত্য-সংখ্যা পাওয়া যায়। বাস্তব পরীক্ষার ফল হইতে দেখা যায় :

গ্যাসের চাপ P	আয়তন V	তাপ (0°C)	আয়তন × চাপ V × P
1·0852	20·65	,,	22·4
0·8067	27·78	,,	22·4
0·1937	115·65	,,	22·4

অর্থাৎ পরিবর্তনের প্রতিটি ক্ষেত্রে আয়তন ও চাপের গুণফল সুনির্দিষ্ট বা, $P \times V = 22{\cdot}4$

1. বয়েল সূত্রের প্রথম অনুসিদ্ধান্ত : আয়তন ও ঘনত্বের সম্বন্ধ
(Relation between volume and density)

চাপের প্রভাবে গ্যাসের আয়তনে যে পরিবর্তন ঘটে তাহা আয়তনের বদলে গ্যাসের **ঘনত্বের** হিসাবেও প্রকাশ করা যায়। যে কোন গ্যাসের ঘনত্ব আয়তনের উপর নির্ভর করে। **কোন গ্যাসের আয়তন কমিলে ঘনত্ব বাড়ে অথবা আয়তন বাড়িলে ঘনত্ব কমে।** সূত্রটি অনুরূপ :

(i) **অপরিবর্তিত উষ্ণতায় আয়তন** (V) **পরিবর্তিত হয় ঘনত্বের** (D) **বিপরীত বা, ব্যস্ত অনুপাতে** (inverse proportion)। যথা :

$V \propto \frac{1}{D}$ অথবা, $V = K \times \frac{1}{D}$ বা $VD = K$ [K = ধ্রুবক]

V ও D পরিবর্তিত হইয়া যথাক্রমে V_1 ও V_2 এবং D_1 ও D_2 হইলে

$V_1D_1 = V_2D_2$ বা $\frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$

আয়তন ও ঘনত্বের উপসূত্রটি অন্যভাবেও স্থির করা যায়। কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন ও ঘনত্বের হ্রাস-বৃদ্ধি সত্ত্বেও গ্যাসের ভর (mass) সর্বদা একই থাকে। আমরা জানি, ভর (M) = আয়তন (V) × ঘনত্ব (D)

আয়তন ও ঘনত্ব পরিবর্তিত হইলেও ভর অপরিবর্তিত থাকে। সুতরাং লেখা যায় : $M = V \times D = V_1 \times D_1 = V_2 \times D_2$

$$\therefore \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

অথবা $V_1D_1 = V_2D_2$; অর্থাৎ $VD = K$ (নিত্যসংখ্যা) ; যথা $V \propto \frac{1}{D}$

ইহার সূত্রাকার তাৎপর্য এই, অপরিবর্তিত উষ্ণতায় **যে কোন গ্যাসের পরিমাণ গ্যাসের ঘনত্ব আয়তনের পরিবর্তনের সঙ্গে ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।**

2. বয়েল সূত্রের দ্বিতীয় অনুসিদ্ধান্ত : চাপ ও ঘনত্বের সম্বন্ধ
(Relation between pressure and density)

বয়েল-সূত্র অনুযায়ী আমরা জানি :

$V_1P_1 = V_2P_2$ বা $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \cdots$(i)

প্রথম উপসূত্র অনুযায়ী আমরা জানি : $\frac{V_1}{V_2}=\frac{D_2}{D_1}\cdots$(ii)

(i) ও (ii) যুক্ত করিয়া লেখা যায় :

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{P_2}{P_1}=\frac{D_2}{D_1}$$

অথবা : $\frac{D_1}{D_2}=\frac{P_1}{P_2}$

অর্থাৎ, $\frac{D_1}{P_1}=\frac{D_2}{P_2}=K$, সুতরাং $\frac{D}{P}=K$; অথবা $D=PK$; $\therefore D\propto P$

এই ফর্মূলাটিকে সূত্রাকারে প্রকাশ করিয়া বলা যায় :

অপরিবর্তিত উষ্ণতায় গ্যাসের ঘনত্ব চাপের পরিবর্তনের সঙ্গে সম-অনুপাতে (direct proportion) পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ, চাপ বাড়িলে সম-অনুপাতে ঘনত্ব বাড়ে এবং চাপ কমিলে সম-অনুপাতে ঘনত্ব কমে। চাপ দ্বিগুণ হইলে ঘনত্ব দ্বিগুণ হয়, চাপ এক-চতুর্থাংশ হইলে ঘনত্বও কমিয়া এক-চতুর্থাংশ হয়।

3. চাপ, ঘনত্ব ও আয়তনের সম্বন্ধ

(Relation between pressure, density & volume)

আমরা জানি, (i) $V\propto\frac{1}{P}$ (ii) $V\propto\frac{1}{D}$ এবং (iii) $D \propto P$ অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ, ঘনত্ব ও আয়তনের সম্বন্ধ নির্ণয় করিয়া বলা যায় যে **অপরিবর্তিত উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ বাড়িলে ঘনত্ব বাড়ে কিন্তু আয়তন কমে ; আবার চাপ কমিলে ঘনত্ব কমে কিন্তু আয়তন বাড়ে।**

উদাহরণ

1. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 750 mm. (মিলিমিটার) চাপের 200 c.c. গ্যাসের আয়তন 300 mm. চাপে কত হইবে ?

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী $PV=P_1V_1$

এখানে, $P=750$ $P_1=300$

$V=200$ $V_1=$ কত ?

$PV=P_1V_1$

অথবা, $750\times200=300\times V_1$

অথবা, $V_1=\frac{750\times200}{300}=500$ c.c.

2. উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে প্রমাণ চাপের 100 c.c. বায়ুকে 80 c.c. আয়তনে পরিণত করার জন্য চাপ কত পরিমাণে বৃদ্ধি করা প্রয়োজন?

প্রমাণ চাপ = 760 mm.

এখানে, $P=760$; $V=100$; $V_1=80$ c.c. , $P_1=$ কত ?

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী $PV=P_1V_1$

অতএব $760 \times 100 = P_1 \times 80$

অথবা, $P_1 = \frac{760 \times 100}{80} = 950$ mm.

950 mm. চাপে আয়তন হইবে 80 c c.

সুতরাং চাপ বৃদ্ধি করা প্রয়োজন $=(950-760)=190$ mm.

3. এক মাত্রা বায়ু-চাপে একটি বোতল-ভর্তি নাইট্রোজেনের আয়তন 250 c.c. ; যদি 3 লিটার ফ্লাস্কে এই গ্যাস ভরা যায় তবে গ্যাসের চাপ কত হইবে?

এক মাত্রা বায়ু-চাপ = 760 mm. এবং 3 লিটার = 3000 c.c.

এখন, $P=760$, $V=250$ c.c. এবং $V_1=3000$ c.c. ; $P_1=$ কত ?

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী $PV=P_1V_1$

অথবা, $P_1 = \frac{PV}{V_1} = \frac{760 \times 250}{3000} = 63{\cdot}3$ mm.

4. একটি 200 c.c. বোতলে কিছু জল ও কিছু নাইট্রোজেন গ্যাস ভর্তি করা আছে ; বায়ুর চাপ 760 mm.। বায়ুর চাপ বাড়াইয়া পাঁচ গুণ করা হইলে জল ও গ্যাসের যুক্ত আয়তন কমিয়া 90 c.c. হয় ; বোতলে জলের আয়তন কত?

জল + গ্যাস = 200 c c. ; জলের আয়তন ধরা যাক = V c.c

সুতরাং প্রথম অবস্থায় গ্যাসের আয়তন $=(200-V)$ c.c.

বায়ুর পাঁচ গুণ চাপ $=760 \times 5$ mm.

বায়ুর চাপে আয়তন কমিবার পর : V + গ্যাস = 90 c.c.

অর্থাৎ, দ্বিতীয় অবস্থায় গ্যাসের আয়তন $=(90-V)$ c.c.

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী : $P_1V_1=P_2V_2$

এখানে, $V_1=200-V$ এবং $V_2=90-V$

সুতরাং, $760 \times (200-V) = 5 \times 760 \times (90-V)$

অথবা, $5V-V=450-200=250$; অথবা $V=62{\cdot}5$ c.c.

5. 0°C উষ্ণতায় এবং 760 mm. চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 14 ; একই উষ্ণতায় চাপ তিন গুণ বাড়াইলে ঘনত্ব কত হইবে ?

ধরা যাক, $P_1 = 760$ mm. $P_2 = 3 \times 760$ mm.

$D_1 = 14$ $D_2 =$ কত ?

বয়েলের উপসূত্র অনুযায়ী

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{P_1}{P_2} \text{ অর্থাৎ } \frac{14}{D_2} = \frac{760}{3 \times 760}$$

অথবা, $D_2 = \frac{14 \times 3 \times 760}{760} = 42$

6. এক মাত্রা বায়ু চাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব 16 ; তাপ স্থির রাখিয়া কত বায়ুচাপে অক্সিজেনের ঘনত্ব দুই গুণ হইবে ?

$D_1 = 16$; $D_2 = 2 \times 16 = 32$

$P_1 = 760$ mm. ; $P_2 =$ কত ?

অথবা, $\frac{D_1}{D_2} = \frac{P_1}{P_2}$ অথবা $\frac{16}{32} = \frac{760}{P_2}$

অথবা, $P_2 = \frac{32 \times 760}{16} = 2 \times 760 =$ দুই মাত্রা বায়ুর-চাপ।

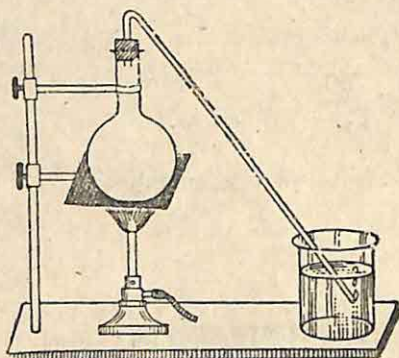
গ্যাসের আয়তনের উপর উষ্ণতার প্রভাব
(Effect of temperature on the volume of gas)

চার্লসের সূত্র (Charle's law)

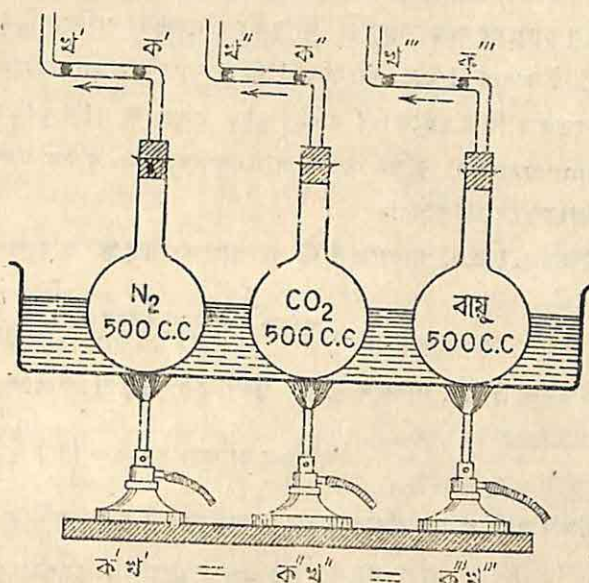
চাপের প্রভাবে একমাত্র গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন বাড়ে বা কমে, কিন্তু কঠিন বা তরল পদার্থের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। পক্ষান্তরে তাপের প্রভাবে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়,—তিন রকম পদার্থেরই আয়তন বাড়ে বা কমে। কিন্তু সকল প্রকার কঠিন বা তরল পদার্থের আয়তন সম-তাপের প্রভাবে সমভাবে বাড়ে না বা কমে না।

প্রথমত, সম-মাত্রায় উষ্ণতা (temperature) বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তন যে-মাত্রায় বাড়ে বা কমে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন তার চেয়ে অনেক বেশিমাত্রায় বাড়ে বা কমে।

দ্বিতীয়ত, উষ্ণতার সম-পরিবর্তনে কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তনের কতখানি পরিবর্তন ঘটে তা নির্ভর করে সেই পদার্থের প্রকৃতির উপরে। উষ্ণতার সম-পরিবর্তনে তামা ও লোহা বা জল ও তেলের আয়তন বৃদ্ধি পায় বিভিন্ন অনুপাতে। কিন্তু হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, বায়ু বা যে-কোন গ্যাসকে সমমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে প্রতিটি গ্যাসের আয়তন বাড়ে সমান অনুপাতে। স্থির চাপে উষ্ণতার পরিবর্তনে 10 c.c. নাইট্রোজেনের আয়তন যদি বাড়িয়া হয় 20 c.c. তবে একই চাপ ও উষ্ণতার সম পরিবর্তনে 10 c.c. অক্সিজেনের আয়তনও বাড়িয়া হইবে 20 c.c.।

1. **পরীক্ষা : গ্যাসের প্রসারণীলতা** (expansivity) : একটি শক্ত ফ্লাস্কের মুখে একটি রবারের ছিপি লাগান হয়। রবারের ছিপি ছিদ্র করিয়া একটি বাঁকানো নির্গম-নল ফিট করা হয়। ধারকের সাহায্যে ফ্লাস্কটি তারজালের উপর বসান হয়। নির্গম-নলের মুখটি একটি জল-ভরা পাত্রে ডুবাইয়া জলের মধ্যে অল্প নীল ফেলিয়া জলের রঙ নীল করিয়া দেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মধ্যে আছে বায়ু। এই বায়ুভরা ফ্লাস্কট বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায় যে নির্গম নল দিয়া বুদবুদের আকারে বায়ু বাহির হইয়া যাইতেছে। কারণ, তাপের প্রভাবে ফ্লাস্কভরা বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পাইতেছে। এখন দীপ সরাইয়া ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করিলে দেখা যায় কিছুটা নীল-জল নির্গম-নলের মাধ্যমে ফ্লাস্কের মধ্যে ঢুকিয়া যায়। কারণ, তাপের প্রভাবে প্রসারিত হইয়া যে আয়তনে বায়ু ফ্লাস্ক হইতে বাহির হইয়া যায় ঠিক সেই আয়তনে নীল-জল ফ্লাস্কের মধ্যে ঢুকে।

গ্যাসের প্রসারণীলতা

2. **পরীক্ষা : গ্যাসের সম-প্রসারণীলতা** (equal expansivity) : প্রত্যেকটি ফ্লাস্কে রবারের ছিপি ও অগ্রাংশে সমকোণে বাঁকানো খাড়া নির্গম-নল ফিট করিয়া তিনটি 500 c.c. ফ্লাস্ক লওয়া হয়। প্রথম ফ্লাস্কটি হাইড্রোজেন ও দ্বিতীয়টি কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা পূর্ণ করা হয় এবং তৃতীয়টি বায়ুভরা অবস্থায় রাখা হয়। নির্গম-নল তিনটির ব্যাস হইবে সমান। এই নল তিনটির মধ্যে এক এক বিন্দু করিয়া পারদ ভরা হয়। এই ধারকের সাহায্যে গ্যাসভরা ফ্লাস্ক তিনটি একটি বড় জলগাহের (water bath) মধ্যে বসাইয়া বুনসেন দীপে জল উত্তপ্ত করা হয় এবং একটি কাচের শলা দিয়া জল ক্রমাগত নাড়িয়া দেওয়া হয়। দেখা যায়, গরম জলের সম-তাপের প্রভাবে ফ্লাস্কের ভিতরকার গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং গ্যাসের চাপে নির্গম-নলের পারদ বিন্দু তিনটি সরিয়া গিয়াছে। একটি স্কেল দিয়া মাপিলে দেখা যায় যে বায়ু, হাইড্রোজেন বা

কার্বন ডাই-অক্সাইড ভরা ফ্লাস্ক তিনটির নির্গম-নলের মুখে বসান পারদবিন্দু তিনটি সমান দূরে রহিয়া গিয়াছে। অর্থাৎ, তিনটি নলে পারদবিন্দু তিনটির স্থানান্তর মাপিয়া দেখা যাইবে

গ্যাসের সম-প্রসারণীলতা

ক' খ=ক"খ"=ক'''খ''' ; ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, **সম-উত্তাপের যে-কোন গ্যাসের আয়তন সমান মাত্রায় বৃদ্ধি পায়।**

চার্লসের সূত্র (Charles' law)

অপরিবর্তিত চাপে গ্যাসীয় পদার্থের তাপাংক ও আয়তনের সম্বন্ধ স্থির করেন বিজ্ঞানী চার্লস। চাপ (pressure) অপরিবর্তিত রাখিয়া তাপমাত্রা (temperature) পরিবর্তন করিলে গ্যাসের আয়তন (volume) কি পরিমাণে বাড়ে বা কমে বিজ্ঞানী চার্লস বাস্তব পরীক্ষার তথ্য বিশ্লেষণ করিয়া তাহা একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করেন। চার্লসের সূত্রটি এইরূপ :

অপরিবর্তিত চাপে প্রতি ডিগ্রী (1°C) উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার শূন্য ডিগ্রী (0°C) উষ্ণতায় নির্ণীত আয়তনের $\frac{1}{২৭৩}$ ভগ্নাংশ বৃদ্ধি পাইবে। তাপমাত্রা **সেন্টিগ্রেড স্কেল** অনুযায়ী মাপা হইলে ইহাই হইবে চার্লসের সূত্র। এই $\frac{1}{২৭৩}$ ভগ্নাংশটিকে প্রসারাঙ্ক (co-efficient of expansion) বলিতে পারা যায়।

মনে করা যাক, গ্যাসের চাপ স্থির বা অপরিবর্তিত হইয়াছে। 0°C উষ্ণতায় 1 c.c. আয়তনের যে কোন গ্যাস লইয়া এই গ্যাসটি 1°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে চার্লসের সূত্র অনুযায়ী গ্যাসটির আয়তন বাড়িবে $\frac{1}{২৭৩}$ c.c. অর্থাৎ 0°C উষ্ণতার 1 c.c. গ্যাসকে 1°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে 1 c.c. গ্যাসের আয়তন বাড়িয়া হইবে $=1$ c.c. $+\frac{1}{২৭৩}$ c.c. বা $(1+\frac{1}{২৭৩})$ c.c. ; উষ্ণতা (temperature) বৃদ্ধির ফলে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধির এরূপ আরও কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া যাক।

0°C উষ্ণতার 1 c.c. গ্যাসকে 1°C তাপাংকে **উত্তপ্ত** করিলে গ্যাসের

আয়তন বাড়িয়া হইবে $=\left(1+\frac{1}{273}\right)$ c.c.

0°C উষ্ণতার 3 c.c. গ্যাসকে 2°C তাপাংকে **উত্তপ্ত** করিলে গ্যাসের

আয়তন বাড়িয়া হইবে $=\left(3+\frac{3\times 2}{273}\right)$c.c.

0°C উষ্ণতার V c.c. গ্যাসকে t°C তাপাংকে **উত্তপ্ত** করিলে গ্যাসের

আয়তন বাড়িয়া হইবে $=\left(V+\frac{t}{273}V\right)$ c.c.

$=V\left(1+\frac{t}{273}\right)$c.c.

উত্তপ্ত করার পরিবর্তে গ্যাসকে **ঠাণ্ডা** করা হইলে :

0°C উষ্ণতায় 1 c c. গ্যাসকে -1°C তাপাংকে **ঠাণ্ডা** করিলে গ্যাসের

আয়তন কমিয়া হইবে $=\left(1-\frac{1}{273}\right)$c.c.

0°C উষ্ণতার 3 c.c. গ্যাসকে -2°C তাপাংকে **ঠাণ্ডা** করিলে গ্যাসের

আয়তন কমিয়া হইবে $=\left(3-\frac{3\times 2}{273}\right)$c.c.

0°C উষ্ণতার V c.c. গ্যাসকে $-t$°C তাপাংকে **ঠাণ্ডা** করিলে গ্যাসের

আয়তন কমিয়া হইবে $=\left(V-\frac{t}{273}V\right)$c.c.

$=\left(1-\frac{t}{273}\right)V$ c.c.

পরম উষ্ণতা ও পরম শূন্য

(Absolute temperature and absolute zero)

চাপ স্থির রাখিয়া 0°C তাপাংকে প্রাপ্ত V c.c. যে-কোন গ্যাসকে −273°C তাপাংকে ঠাণ্ডা করা হইলে চার্লসের সূত্র অনুযায়ী গ্যাসের আয়তন হইবে :

$$V \text{ c.c.} - \frac{273}{273}V = V \text{ c.c.} - V \text{ c.c.} = 0 \text{ c.c.}$$

অর্থাৎ −273°C তাপাংকে গ্যাসের আয়তন হইবে শূন্য। কিন্তু −273°C তাপে পৌছিবার আগেই সব গ্যাস তরল হইয়া যায়। তাই −273°C তাপে সত্যই গ্যাসের আয়তন শূন্য হইয়া যায় কিনা তাহার কোন পরীক্ষালব্ধ প্রমাণ নাই। কারণ, কঠিন বা তরলের ক্ষেত্রে গ্যাসীয় সূত্র প্রযোজ্য নয়। তবু আংশিক হিসাবে ধরা যায় যে −273°C উষ্ণতায় বা তাপাংকে যে-কোন গ্যাসের আয়তন লোপ পাইবে বা শূন্য হইয়া যাইবে ; তাই −273°C **তাপাংকে যে-কোন গ্যাসের আয়তন লোপ পাইবে বা শূন্য হইয়া যাইবে বলিয়া ইহাকে বলা হয় পরম শূন্য বা অ্যাবসলুট জিরো** (absolute zero)।

বৃটিশ বিজ্ঞানী **লর্ড কেলভিন** (Lord Kelvin) প্রথমে এই তাপমাত্রা নির্ণয় করেন। পরম উষ্ণতা বা অ্যাবসলুট তাপমাত্রার সঙ্কেত লেখা হয় °A রূপে অথবা কেলভিনের নাম অনুযায়ী কেলভিন মাত্রায় °K রূপে। আধুনিক পরীক্ষা অনুযায়ী 0°A বা 0°K = −273·18°C.

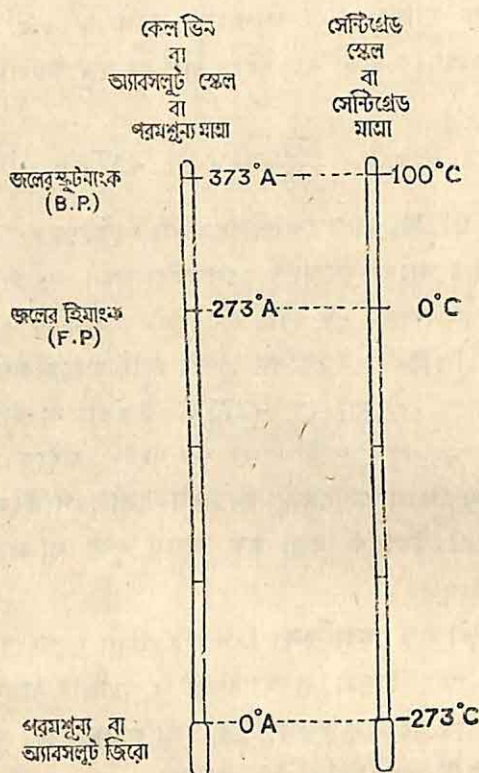
পরমমাত্রা (Absolute or Kelvin scale) : **পরমশূন্য অর্থাৎ −273°C হইতে তাপমাত্রার প্রতি ডিগ্রী যদি এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের সমান করিয়া মাপা যায় তবে সেই তাপমাত্রাকে বলা হয় পরম মাত্রা বা অ্যাবসলুট স্কেল বা কেলভিন স্কেল**। সেন্টিগ্রেড (centigrade) তাপমাত্রায় তাপাংক লেখা হয় t°C এবং পরম তাপমাত্রায় (absolute scale) তাপাংক লেখা হয় T°A বা T°K, সুতরাং সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা ও পরম তাপমাত্রার সম্বন্ধ হইবে : $T = t + 273$.

অর্থাৎ, সেন্টিগ্রেড মাত্রায় 0°C = 273°A

জলের হিমাংক (F.P.) = 0°C = (0 + 273) = 237°A

জলের স্ফুটনাংক (B.P) = 100°C = (100 + 273) = 373°A

সংকেত অনুযায়ী, $80°C = (80+273)°A = 353°A$

$-10°C = (-10+273)°A = 263°A$

সেন্টিগ্রেড ও পরম তাপমাত্রার তুলনা

পরম তাপাংকের মাত্রানুযায়ী চার্লসের সূত্রের নির্ণয়

(Deduction of Charles' law in absolute scale)

মনে কর, 0°C উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন $= V_0$ c.c.

t_1°C … … … $= V_1$ c.c.

t_2°C … … $= V_2$ c.c.

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী 0°C তাপাংকের V_0 c.c. গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে t°C এবং t_2°C তাপাংক হইবে :

$$V_0\left(1+\frac{t}{273}\right) \text{ c.c. এবং } V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right) \text{ c.c.}$$

মনে করা যাক, t_1°C তাপাংকে গ্যাসের আয়তন $= V_1$ c.c. এবং t_2°C তাপাংকে আয়তন $= V_2$ c.c. ; সুতরাং লেখা যায় :

$$V_1 = V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right) \text{ এবং } V_2 = V_0\left(1+\frac{t_2}{273}\right)$$

$$= V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right) \qquad = V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)$$

আমরা জানি যে সেন্টিগ্রেড ও পরম তাপমাত্রার সম্বন্ধ : $T = t + 273$

সুতরাং লেখা যায় : $273 + t_1 = T_1$ এবং $273 + t_2 = T_2$

অর্থাৎ, $V_1 = V_0 \times \frac{T_1}{273}$ এবং $V_2 = V_0 \times \frac{T_2}{273}$

তাই $\frac{V_1}{V_2} = \frac{V_0 \times T_1}{273} \times \frac{273}{V_0 \times T_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{t_1 + 273}{t_2 + 273}$

অর্থাৎ, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ অথবা $\frac{V_1}{T_2} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V}{T} = K$; [K = ধ্রুবক]

সুতরাং V ও T-এর সাধারণ সম্বন্ধ লেখা যায় : $V = TK$

অর্থাৎ ভ্যারিয়েশনের আংশিক সূত্রে ইহার অর্থ : $V \propto T$

পরম বা অ্যাবসলুট তাপমাত্রার (absolute scale) তাৎপর্যে তাই চার্লসের সূত্রের বিকল্প সংজ্ঞা হইবে নিম্নরূপ :

যদি চাপ স্থির (fixed) **থাকে তবে নির্দিষ্ট পরিমাণের যে-কোন গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতায়** (absolute temperature) **পরিবর্তনের সঙ্গে সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়** (directly proportional)।

অর্থাৎ, পরম উষ্ণতা বা অ্যাবসলুট তাপমাত্রা যে অনুপাতে বাড়ে গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে বাড়ে এবং পরম উষ্ণতা যে অনুপাতে কমে গ্যাসের আয়তনও সেই অনুপাতে কমে।

চার্লস সূত্রের ফর্মুলা (Formula of Charles law) :

পরম তাপমাত্রানুযায়ী চার্লস সূত্রের সংজ্ঞানুসারে, $V \propto T$,

অথবা $V = K \times T$ অথবা, $\frac{V}{T} = K$. [K = ধ্রুবক]

V c.c যে কোন গ্যাসে যদি T_1°A ও T_2°A পরমমাত্রার উষ্ণতানুসারে যথাক্রমে V_1 c c. ও V_2 c.c. হয়, তবে লেখা যায় :

$\frac{V_1}{T_1} = K \cdots$ (i) ; $\qquad \frac{V_2}{T_2} = K \cdots$(ii)

(i) ও (ii) যুক্ত করিয়া লেখা যায় :

$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ অথবা, $V_1T_2=V_2T_1$

এই সূত্র হইতে তাপাংকের পরিবর্তনে গ্যাসের আয়তন কিভাবে পরিবর্তিত হইবে সহজেই তাহা নির্ণয় করা যায়।

অনুসিদ্ধান্তঃ গ্যাসের তাপ (T) ও ঘনত্বের (D) সম্পর্ক :

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী: $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ অথবা, $\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}$ .....(i)

আমরা জানি $M=V_1D_1=V_2D_2$ [কারণ, M অর্থাৎ ভর অপরিবর্তনীয়]

$\frac{V_2}{V_1}=\frac{D_1}{D_2}$ ...(ii)

সুতরাং (i) ও (ii) যুক্ত করিয়া লেখা যায় :

$\frac{V_1}{V_2}=\frac{T_1}{T_2}=\frac{D_2}{D_1}$

অথবা, $T_1D_1=T_2D_2=T_nD_n=DT=K$

অথবা, $D=\frac{K}{T}$ অথবা, $D\propto\frac{1}{T}$; সূত্রাকারে ইহার অর্থ :

অপরিবর্তিত চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ঘনত্ব পরম বা অ্যাবসলুট তাপমাত্রার পরিবর্তনের সঙ্গে বিপরীত বা ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র
বা আয়তন, চাপ ও উষ্ণতার পারস্পরিক সম্পর্ক

[Combined formula of Boyle's and Charles' law or Relation between volume, temperature and pressure or equation of state].

উষ্ণতা স্থির থাকিলে আয়তন চাপের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। আবার চাপ স্থির থাকিলে আয়তন পরম উষ্ণতার সম-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়। কিন্তু চাপ ও উষ্ণতা স্থির না থাকিয়া উভয়েই যদি পরিবর্তিত হয় তবে

কিভাবে গ্যাসের আয়তন নির্ণয় করা যায় তাহা তাপ, চাপ ও আয়তনের সংযুক্ত-সূত্রের ফর্মুলা নির্দেশ করে। বস্তুত, গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের ক্ষেত্রে সাধারণত চাপ ও তাপাংক উভয়েই একসঙ্গে পরিবর্তিত হয়। তাই সংযুক্ত-সূত্রের সংকেত আয়তন, চাপ এবং তাপের পারস্পরিক সম্বন্ধ নির্ণয় করে।

মনে কর, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V, তাপাংক T°A এবং চাপ P ; বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, উষ্ণতা (T) যদি স্থির থাকে তবে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন (V) চাপের (P) বিপরীত তথা ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ, $V \propto \frac{1}{P} \cdots (i)$

আবার চার্লসের সূত্র অনুযায়ী, চাপ (P) যদি স্থির থাকে, তবে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন (V) পরিবর্তিত হয় পরম উষ্ণতার (T) সম-অনুপাতে। অর্থাৎ $V \propto T \cdots \cdots (ii)$

কিন্তু যদি চাপ ও উষ্ণতা পরিবর্তিত হইতে থাকে তবে—

এই সূত্র দুইটি (i) ও ii) একত্রে সংযুক্ত হইয়া দাঁড়ায় :

V পরিবর্তিত হয় $\frac{T}{P}$ এই অনুপাতে ;

অর্থাৎ একই সঙ্গে চাপ (P) ও উষ্ণতা (T) পরিবর্তিত হইলে (i) এবং (ii) এর সংযোগের ফলে আয়তন (V) পরিবর্তনের সূত্রটি হইবে : $V \propto \frac{T}{P}$

ভ্যারিয়েশনের সূত্র অনুযায়ী ইহাকে অনুরূপভাবে লেখা যায় :

$V = \frac{T}{P} \times K$ [K একটি নিত্য সংখ্যা (constant] ; অথবা $\frac{VP}{T} = K$

মনে কর V আয়তন পরিবর্তিত হয় V_1 ও V_2 আয়তনে

P চাপ … … P_1 ও P_2 চাপে

T°A তাপাংক……T_1°A ও T_2°A তাপাংকে

সুতরাং V, P ও T এই তিন অবস্থার পরিবর্তনে আংশিক সূত্র হইবে :

$\frac{V_1P_1}{T_1} = K$; $\frac{V_2P_2}{T_2} = K$

অর্থাৎ $\frac{V_1P_1}{T_1} = \frac{V_2P_2}{T_2} = \frac{V_nP_n}{T_n} = \frac{VP}{T} = K$ [n = যে-কোন সংখ্যা]

কারণ, K একটি নিত্যসংখ্যা ;

সুতরাং সাধারণভাবে লেখা যায় : $\frac{V_1P_1}{T_1}=\frac{V_2P_2}{T_2}$

ইহাই বয়েলস্ ও চার্লস্ সূত্রের সংযুক্ত ফর্মুলা।

এই ফর্মুলাটি দ্বারা **আয়তন, চাপ ও উষ্ণতার পারস্পরিক সম্পর্ক** (relation between volume, pressure and temperature) নির্দেশ করা হয় এবং এই ফর্মুলাটিকে **অবস্থার সমীকরণও** (equation of state) বলা হয়।

গ্যাসের ঘনত্বের উপরে চাপ ও উষ্ণতার সংযুক্ত প্রভাব

(Effect of pressure and temperature on density of a gas)

উপসূত্র (Corollary or deduction): বয়েলের উপসূত্র হইতে আমরা জানি যে তাপ যদি স্থির থাকে তবে গ্যাসের আয়তন ঘনত্বের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ, $V\propto\frac{1}{D}$; অথবা $DV=K$ সুতরাং $D_1V_1=D_2V_2$

অর্থাৎ, $\frac{D_1}{D_2}=\frac{V_2}{V_1}$ ··(i)

বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুযায়ী :

$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$ অথবা $\frac{P_1T_2}{P_2T_1}=\frac{V_2}{V_1}$···(ii)

(i) এবং (ii) যুক্ত করিয়া পাওয়া যায়

$$\frac{V_2}{V_1}=\frac{P_1T_2}{P_2T_1}=\frac{D_1}{D_2} \quad \text{অথবা} \quad \frac{D_1T_1}{P_1}=\frac{D_2T_2}{P_2}$$

অর্থাৎ, ইহাই **চাপ** (P) **উষ্ণতা** (T°A) **এবং ঘনত্ব** (D) **পরিবর্তনের পারস্পরিক সম্বন্ধ** নির্ণয়ের ফর্মুলা (relation between density of a gas and its pressure and temperature)।

মিশ্র গ্যাসের চাপ ঃ ডলটনের আংশিক চাপ সূত্র

(Dalton's law of partial pressure)

অপরিবর্তিত তাপাংক চাপের প্রভাবে একটি মাত্র গ্যাসের আয়তন কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহার সূত্র নির্ণয় করেন বিজ্ঞানী বয়েল। একাধিক গ্যাসের মিশ্রণ, যাহাদের পরস্পরের মধ্যে কোনরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না,—স্থির তাপাংকে এরূপ মিশ্র গ্যাসের আয়তন চাপের

প্রভাবে কিভাবে পরিবর্তিত হয় বিজ্ঞানী ডলটন সর্বপ্রথমে তাহা একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করেন। এই সূত্রটিকে **আংশিক চাপ সূত্র** বা **'ল অব পারশিয়েল প্রেসার'** (law of partial pressure) বলা হয়। সূত্রটি এই :

অপরিবর্তিত উষ্ণতায় পারস্পরিক রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইতে অক্ষম দুইটি বা তাহার বেশী গ্যাস যদি কোন একটি পাত্রে একত্র মিশ্রিত করা হয় তবে মিশ্রিত গ্যাসের চাপ গ্যাসগুলির আংশিক (partial) চাপের যোগফলের সমান হইবে। অর্থাৎ, মিশ্র গ্যাসের চাপ = বিভিন্ন গ্যাসের আংশিক চাপের যোগফল।

সংকেতাকারে : $P = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$

আংশিক চাপ (Partial pressure) : মিশ্র গ্যাসের শুধু একটি গ্যাস যদি এককভাবে পাত্রের মধ্যে রাখা যায় তবে সেই গ্যাসটি আলাদা বা স্বতন্ত্রভাবে যে চাপ সৃষ্টি করিবে তাহাই সেই গ্যাসের আংশিক চাপ (partial pressure)।

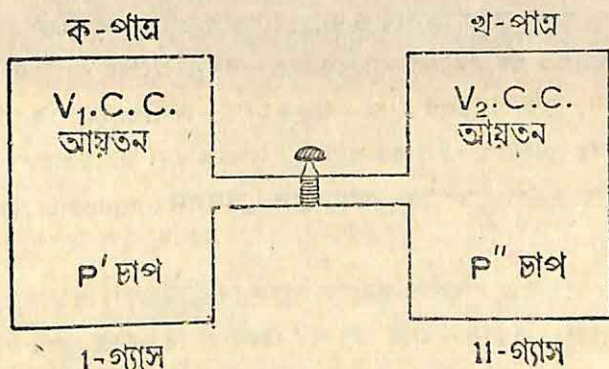
আংশিক চাপ নির্ণয় সূত্র : ক-পাত্রে P' চাপে V_1 c.c. গ্যাস এবং খ-পাত্রে P'' চাপে V_2 c.c. গ্যাস বর্তমান।

ধরা যাক, খ-পাত্রটি গ্যাস শূন্য এবং ক-পাত্রে P' চাপের V_1 c.c. গ্যাস খ-পাত্রের V_2 c.c. আয়তনও পূর্ণ করিল। সুতরাং V_1 c.c. গ্যাসের আয়তন বাড়িয়া হইল $= (V_1+V_2)$ c.c. তাহা হইলে এই (V_1+V_2) c c. গ্যাসের চাপ কত হইবে ?

P যদি হয় (V_1+V_2) c.c. গ্যাসের চাপ, তবে বয়েল সূত্রানুযায়ী :

$P' \times V_1 = P_1 \times (V_1+V_2)$; অর্থাৎ $P_1 = \dfrac{P' \times V_1}{V_1+V_2}$ ......(i)

এই P_1 হইল V_1 c.c. গ্যাসের আংশিক চাপ।

অনুরূপভাবে মনে করা যায় যে, ক-পাত্রটি শূন্য এবং খ-পাত্রের P'' চাপের V_2 c.c. গ্যাস

ক-পাত্রটিও পূর্ণ করিল। সুতরাং V_2 c c. আয়তন বাড়িয়া হইল $= (V_1+V_2)$ c.c. এই (V_1+V_2) c.c. গ্যাসের চাপ যদি হয় P_2, তবে বয়েল সূত্রানুযায়ী :

$V_2 \times P'' = P_2 \times (V_1+V_2)$, অর্থাৎ $P_2 = \dfrac{P'' \times V_2}{V_1+V_2}$ ......(ii)

এই P_2 হইল V_2 c.c. গ্যাসের আংশিক চাপ।

মিশ্র গ্যাসের চাপ নির্ণয় সংকেত :

$P = P_1 + P_2$

অথবা $P = \frac{P' \times V_1}{V_1 + V_2} + \frac{P'' \times V_2}{V_1 + V_2}$

অর্থাৎ $P = \frac{P'V_1 + P''V_2}{V_1 + V_2}$

জলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের চাপ

(Pressure of gas collected over water)

জলের উপরে গ্যাস সংগ্রহ করা হইলে গ্যাসের সঙ্গে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। যে গ্যাসজারে গ্যাস সংগ্রহ করা হয় সেই জারের জলের সমতল (level) যদি ভিতরে ও বাহিরে সমান থাকে তবে গ্যাসজারের গ্যাস ও জলীয় বাষ্পের সম্মিলিত চাপ বাইরের বায়ুচাপের (atmospheric pressure) সমান হইবে।

যদি জলের সমতল জারের ভিতরে ও বাইরে এক না থাকে তবে বাষ্প ও গ্যাসের সংযুক্ত চাপ বায়ুর চাপের সমান হইবে না। গ্যাসজারের ভিতরের জলের সমতল রেখা যদি বাইরের জলের সমতল রেখার উপর হয় তবে বাষ্প ও গ্যাসের যুক্ত চাপ বায়ুচাপের কম হইবে এবং যদি বাইরের জলের সমতল রেখার নীচে হয় তবে বাষ্প ও গ্যাসের চাপ বায়ুচাপের বেশি হইবে। সুতরাং কোন তরলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন মাপিবার সময় সর্বদা গ্যাসের সমতল ভিতরে ও বাহিরে এক সমতল (same level) রাখিয়া গ্যাসের আয়তন মাপিতে হয়। তবেই ব্যারোমিটারের চাপমাত্রা অনুযায়ী গ্যাসের চাপ বায়ুচাপের সমান বলিয়া ধরা যাইবে।

গ্যাসের সংগ্রাহকের ভিতরে ও বাহিরে জলের তল সমান হইলে :

বায়ুর চাপ = শুষ্ক গ্যাসের আংশিক চাপ + জলীয় বাষ্পের আংশিক চাপ

সুতরাং, **শুষ্ক গ্যাসের চাপ = বায়ুর চাপ − জলীয় বাষ্পের চাপ**

মনে কর, বায়ুচাপ $= P$; শুষ্ক গ্যাসের চাপ $= p$ এবং জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$

[জলীয় বাষ্পের চাপকে **অ্যাকুয়াস টেনসন** (aqueous tension) বলা হয়।]

আরও মনে কর, সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন t°C উষ্ণতায় = V c.c.

[ব্যারোমিটার চাপ = বায়ুর চাপ = P *mm.* পারদ স্তম্ভের সমান।]

জলীয় বাষ্পের চাপ = f *mm* পারদ স্তম্ভের সমান।]

∴ শুষ্ক গ্যাসের চাপ $(p) = (P - f)$ *mm.*

গ্যাসের মধ্যে সর্বত্র বাষ্প থাকে বলিয়া গ্যাসের চাপ নির্ধারণ করার সময় বাষ্প-চাপ বাদ দিতে হয় এবং বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র সংশোধিত করিয়া

নিম্নলিখিতভাবে প্রমাণ চাপ ও তাপাংকে (0°C এবং 760 mm) আর্দ্র বা সিক্ত গ্যাসের পরিবর্তিত আয়তন কত হইবে তাহা নির্ধারণ করা হয়। যথা :

সংগৃহীত শুষ্ক গ্যাসের চাপ $=(P-f)$, তাপাংক $=t$°C

এবং গ্যাসের আয়তন $=$ V c.c.

নর্ম্যাল চাপ ও উষ্ণতায় (N. T. P.) এই V c.c. শুষ্ক গ্যাসের আয়তন যদি হয় V_1 c. c. তবে বয়েল ও চার্লসের সূত্র অনুযায়ী :

$$\frac{V(P-f)}{t+273}=\frac{V_1 \times 760}{273}$$

অথবা $V_1=\frac{V(P-f)\times 273}{760\times(273+t)}$ c.c.

[পরীক্ষা : প্রাথমিক রসায়নের তৃতীয় খণ্ডে 19 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য]

গ্যাস সূত্রের গণনা

1. 30°C তাপাংক পরম তাপাংকে কত হইবে ?

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী $T=t+273$

সুতরাং $T=30+273=303$°A

2. 27°C তাপাংকে অকসিজেনের আয়তন 250 c. c., চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে 127°C তাপাংকে ঐ অক্‌সিজেনের আয়তন কত হইবে ?

মনে কর $t_1=27$°C এবং $t_2=127$°C

$\therefore \quad T_1=(273+27),\ T_2=(273+127)$

এবং $V_1=250$ c. c. ; $V_2=$ কত ?

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী : $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ অথবা, $V_2=V_1\frac{T_2}{T_1}$

অথবা, $V_2=250\times\frac{273+127}{(273+27)}=\frac{250\times 400}{300}=333{\cdot}3$ c.c.

3. নাইট্রোজেনের আয়তন 27°C উষ্ণতায় 300 c.c. ; চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে কত উষ্ণতায় সেই নাইট্রোজেনের আয়তন চারগুণ হইবে ?

মনে কর, $V_1=300$ c. c. ; $V_2=4\times V_1=4\times 300$ c. c.

$T_1=t_1+273=(27+273)$°A ; $T_2=$ কত ?

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী : $\frac{T_1}{T_2}=\frac{V_1}{V_2}$ অথবা, $T_2=T_1\times\frac{V_2}{V_1}$

অথবা, $T_2=\frac{4\times300\times300}{300}=4\times300$

অর্থাৎ, $T_2=t_2+273=1200$; সুতরাং $t_2=1200-273=927°C$.

4. প্রমাণ তাপাংকে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব 22 ; −11°C তাপাংকে ইহার ঘনত্ব কত হইবে ? চাপের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।

চার্লসের সূত্র অনুযায়ী : $\frac{D_1}{D_2}=\frac{T_2}{T_1}$

মনে কর, প্রমাণ তাপাংক $=0°C$ ∴ $T_2=0+273$ এবং $D_1=22$

$T_2=-11°C=11+273$; $D_2=$ কত ?

সুতরাং $\frac{-11+273}{0+273}=\frac{D_1}{D_2}=\frac{22}{D_2}$

অথবা $D_2=\frac{22\times273}{262}=22{\cdot}9$

5. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N. T. P.) অক্সিজেনের আয়তন 200 c.c.; 27°C তাপাংকে ও 1520 mm চাপে অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে ?

মনে কর, প্রমাণ তাপাংক $=t_1=0°C$; $t_2=27°C$

∴ $T_1=t_1+273=0+273$; $T_2=t_2+273=27+273$

$P_1=$ প্রমাণ চাপ $=760$ mm. ; $P_2=1520$ mm.

$V_1=200$ c.c. ; $V_2=$ কত ?

সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী : $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

সুতরাং $\frac{760\times200}{0+273}=\frac{1520\times V_2}{27+273}$

অথবা, $V_2=\frac{760\times200\times300}{1520\times273}=109{\cdot}8$ c.c.

6. 0°C উষ্ণতায় কোন গ্যাসের উপরে চাপের পরিমাণ 500 mm হইতে 1000 mm পর্যন্ত বাড়াইয়াও গ্যাসটির আয়তন চার গুণ বৃদ্ধি করার জন্য কত তাপাংকের প্রয়োজন হইবে ?

মনে করা যাক, গ্যাসটির আয়তন $=V$ c.c. ; উষ্ণতা $=0°C$

সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী, $\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে $P_1 = 5(0$; $V_1 = V$; $P_2 = 1000$, $V_2 = 4V$

$t_2 = 0°C$; $t_2 =$ কত ?

অর্থাৎ $\frac{500 \times V}{0+273} = \frac{1000 \times 4V}{t_2 + 273}$

অথবা $t_2 + 273 = 8 \times 273$

সুতরাং $t_2 = 1911°C$

7. একটি অকসিজেন সিলিণ্ডার 250 বায়ুচাপ সহ্য করিতে পারে। সিলিণ্ডারটিকে 125 বায়ুচাপে এবং 27°C তাপাংকে অক্সিজেন দ্বারা ভর্তি করা হইল। সিলিণ্ডারটি কত তাপাংকে ফাটিয়া যাইবে ?

মনে কর, $P_1 = 125$ বায়ুচাপ, $P_2 = 250$ বায়ুচাপ

$V =$ সিলিণ্ডারের আয়তন ; সুতরাং $V_1 = V_2 = V$

$T_1 = t_1 + 273 = 27 + 273 = 300°A$; $T_2 =$ কত ?

আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

সুতরাং $\frac{125 \times V}{300} = \frac{250 \times V}{T_2}$ অথবা $T_2 = 300 \times 2 = 600$

সুতরাং $T_2 = t_2 + 273 = 600$ $\therefore$ $t_2 = 600 - 273 = 327°C.$

8. 27°C তাপাংকে এবং 760 mm. চাপে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব 28 ; এই গ্যাসটির ঘনত্ব 127°C উষ্ণতায় ও 380 mm. চাপে কত হইবে ?

বয়েল ও চার্লসের উপসূত্র অনুযায়ী : $\frac{D_1T_1}{P_1} = \frac{D_2T_2}{P_2}$

মনে কর, $T_1 = t_2 + 273 = 27 + 273 = 300$

$T_2 = t_2 + 273 = 127 + 273 = 400$

$P_1 = 760$ mm. এবং $D_1 = 28$; $P_2 = 380$ mm ; $D_2 =$ কত ?

অর্থাৎ, $\frac{28 \times 300}{760} = \frac{D_2 \times 400}{380}$

অথবা, $D_2 = \frac{28 \times 300 \times 380}{760 \times 400} = 10{\cdot}5.$

বায়ুতে আছে একভাগ আয়তনের অকসিজেন ও চার ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন ; বায়ুর মোট চাপ 700 mm. হইলে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ কত ?

আংশিক চাপের সূত্র অনুযায়ী :

অক্সিজেনের আংশিক চাপ + নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ = বায়ুর চাপ

অর্থাৎ $P_0 + P_n = 760$ mm.

$V_0 = 1$ আয়তন ; $V_n = 4$ আয়তন

$P_0 =$ অক্সিজেনের আংশিক চাপ ; $P_n =$ নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ

$P_1 =$ অক্সিজেনের চাপ। $P_2 =$ নাইট্রোজেনের চাপ

$\because \quad P_1 = P_2 = P$ বায়ুর চাপ।

বয়েল সূত্র অনুযায়ী :

$$V_1 \times P_1 = P_0(V_1 + V_n)$$

$$\therefore \quad P_o = \frac{V_0 \times P_1}{V_o + V_n} = \frac{1 \times P_1}{1+4} = \frac{760}{5} = 152 \text{ mm.}$$

এবং $V_n \times P_2 = P_n(V_o + V_n)$

$$\therefore \quad P_n = \frac{V_n \times P_2}{V_0 + V_n} = \frac{4 \times 760}{6} = 608 \text{ mm.}$$

10. একটি 500 c.c. আয়তনের পাত্রে 300 c c. নাইট্রোজেন গ্যাস এবং 200 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ভরা হইল। নাইট্রোজেনের চাপ 200 mm. কার্বন ডাই অক্সাইডের চাপ 400 mm. মিশ্র গ্যাসের চাপ কত ?

পাত্রটির আয়তন = 500 c.c.

$P_1 = 200$mm. এবং $P_2 = 400$ mm.

$V_1 = 300$ c.c. এবং $V_2 = 200$ c.c.

মনে কর, নাইট্রোজেনের আংশিক চাপ = P_n

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আংশিক চাপ = PCO_2

বয়েলের সূত্র অনুযায়ী,

$$V_1 \times P_1 = P_n(V_1 + V_2)$$

$$P_n = \frac{V_1 \times P_1}{V_1 + V_2} = \frac{300 \times 200}{300 + 200} = 120 \text{ mm.}$$

এবং

$$V_2 \times P_2 = PCO_2\ (V_1 + V_2)$$

$$\therefore PCO_2 = \frac{V_2 \times P_2}{V_1 + V_2} = \frac{200 \times 400}{300 + 200} = 160 \text{ mm.}$$

$\therefore$ মিশ্র গ্যাস চাপ $= P_n + PCO_2 = 120 + 160 = 280$ mm.

11. 27°C তাপাংকে এবং 760 mm. চাপে জল সরাইয়া 300 c.c. গ্যাস সংগ্রহ করা হইল। যদি 27°C তাপাংকে জলীয় বাষ্পের চাপ 15 mm. হয় তবে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N. T. P.) শুষ্ক অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে ?

গ্যাসের চাপ = অক্সিজেনের চাপ + জলীয় বাষ্পের চাপ

অর্থাৎ 760 mm. = অক্সিজেনের চাপ + 15 mm.

সুতরাং অক্সিজেনের চাপ = 760 − 15 = 745 mm.

N. T. P. অর্থাৎ, 0°C তাপাংকে এবং 760 mm. চাপে অক্সিজেনের আয়তন কত হইবে ?

$P_1 = 745$; $P_2 = 760$ এবং $T_1 = 27 + 273$; $T_2 = 0 + 273$

$V_1 = 300$ c.c. ; $V_2 =$ কত ?

সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী : $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

অর্থাৎ, $\frac{745 \times 300}{27 + 273} = \frac{760 \times V_2}{0 + 273}$

বা, $V_2 = \frac{745 \times 300 \times 273}{760 \times 300} = 267{\cdot}7$ c.c

12. 185·5 c.c. হাইড্রোজেন জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। রসায়নাগারের থার্মোমিটারে উষ্ণতা 15°C এবং ব্যারোমিটারের মাত্রা 752 mm ; প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে ? 15°C উষ্ণতায় বাষ্পের চাপ 12·8 mm.

[জলীয় বাষ্পের চাপ 15°C উষ্ণতায় = 12·8 mm. (aqueous tension)]

$V_1 = 185{\cdot}5$ c.c. ; $T_1 = 273 + 15 = 288°A$; $T_2 = 0 + 273$

শুষ্ক গ্যাসের চাপ $= P_1 = (P - f) = 752 - 12{\cdot}8° = 739{\cdot}2$ mm.

$P_2 = 760$; $V_2 =$ কত ?

সুতরাং সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী : $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

অর্থাৎ $\frac{(752 - 12{\cdot}8) \times 185{\cdot}5}{273 + 15} = \frac{760 \times V_2}{273 + 0}$

অথবা $\frac{739{\cdot}2 \times 185{\cdot}5}{288} = V_2 \times \frac{760}{273}$

অর্থাৎ $V_2 = \frac{185{\cdot}5 \times 739{\cdot}2}{288} \times \frac{273}{760} = 171$ c.c

13. উপরের মুখ বন্ধ 1·2 বর্গ সে মি. প্রস্থচ্ছেদ-বিশিষ্ট একটি নল পারদের দ্রোণীতে দাঁড় করানো আছে। ইহার ভিতর প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 40 সি.সি. অক্সিজেন প্রবেশ করাইলে পারদ স্তম্ভ 15·6 সে.মি. উচ্চতায় আসিয়া দাঁড়ায়। বায়ুচাপ 756 মি.মি. এবং রসায়নাগারের তাপমাত্রা 31°C হইলে টিউবের ভিতর গ্যাসের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

নলের মধ্যে গ্যাসের চাপ $(P_2) = 756 - 156 = 600$ mm.

তাপাংক $= 31 + 273 = 304°A = T_2$

আয়তন $= V$ c.c.

$V_1 = 40$ c.c. ; $T_1 = (273 + 0) = 273°A$;

$P_1 = 760$ mm.

আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$$\frac{760 \times 40}{273} = \frac{600 \times V}{304}$$

$\therefore \quad V = 56{\cdot}41$ c.c.

মনে কর, নলে গ্যাসের উচ্চতা $= l$

$\therefore$ উচ্চতা × ব্যাস (length × cross-section) = আয়তন

সুতরাং $l \times 1{\cdot}2$ বর্গ cm. $= 56{\cdot}41$ c.c.

$$\therefore \quad l = \frac{56{\cdot}41 \text{ cm}^3}{1{\cdot}2 \text{ cm}^2} = 47 \text{ cm.}$$

14. 27°C তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ গ্যাস ও কাচের মার্বলের একত্রে আয়তন 100 সি. সি.। চাপ ও তাপমাত্রা দ্বিগুণ পরিমাণে বাড়াইলে উহার আয়তন দাঁড়ায় 59·3 সি.সি.। কাচের মার্বলের আয়তন বাহির কর।

মনে কর, মার্বলের আয়তন $= V$ c.c.

$\therefore$ গ্যাসের প্রথম আয়তন $= (100 - V)$ c.c.

চাপ $= P$; তাপাংক $= 273 + 27 = 300°A$

গ্যাসের পরিবর্তিত আয়তন $= (59{\cdot}3 - V)$ c.c.

চাপ $= 2P$ এবং তাপাংক $= (273 + 54) = 327°A$

সুতরাং $\frac{(100 - V) \times P}{300} = \frac{(59{\cdot}3 - V) \times 2P}{327}$

অথবা $327\ (100 - V) = 300\ (59{\cdot}3 - V) \times 2$

অথবা $V = 10{\cdot}54$ c.c.

প্রশ্ন

1. পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা কি কি ? 100 সি. সি. নাইট্রোজেন ও 100 সি.সি. অক্‌সিজেনের উপর নির্দিষ্ট পরিমাণ তাপ ও চাপ বাড়াইলে কি পরিবর্তন হইবে ? কোন গ্যাসকে পরম শূন্য ডিগ্রী তাপমাত্রায় ঠাণ্ডা করিলে কি ঘটিবে ?

2. বয়েলের সূত্র বিবৃত কর। ইহাকে ফর্মুলার আকারে প্রকাশ কর। এই সূত্র হইতে কিভাবে গ্যাসের ঘনত্বের সহিত আয়তনের সম্বন্ধ সূত্র নির্ণয় করিবে ?

3. চার্লসের সূত্রটি লেখ। ইহার ফর্মুলা কি প্রকারে নির্ণয় করিবে ? পরম উষ্ণতার ভাষায় চার্লসের সূত্রের সংজ্ঞা লেখ।

4. প্রমাণ উষ্ণতা ও প্রমাণ চাপ বলিতে কি বোঝ ? উহাদের সংকেত লেখা হয় কিভাবে ? প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে (N. T. P.) জলের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন কি প্রকারে নির্ণয় করিবে ?

5. বয়েল ও চার্লসের সংযোগ সূত্র অনুযায়ী $\frac{PV}{T}$ একটি নিত্য-সংখ্যা— ইহার ব্যাখ্যা কর।

6. তিন চারটি গ্যাস একত্র মিশ্রিত থাকিলে কোন্ সূত্র প্রযোজ্য এবং কি ভাবে উহাদের চাপ নির্ণয় করিবে ?

7. কোন একটি সিলিণ্ডারে প্রমাণ তাপ ও চাপে 2·82 লিটার জল ধরে। 20 বায়ুচাপে ও 27° সে. উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ভর্তি এই সিলিণ্ডার হইতে 21 সে. মি. ব্যাসের কয়টি গোলাকার বেলুন ভর্তি করা যাইবে ?

[উ। 10টি বেলুন ভর্তি হইয়া কিছুটা বাড়তি থাকিবে।]

[*Engineering Entrance Exam. 1962*]

8. তাপ, চাপ ও আয়তনের সংযুক্ত সূত্রের ফর্মুলা প্রতিপন্ন কর। 100 বায়ুচাপ ও 27° সে. উষ্ণতায় 50 লিটার ধারণ ক্ষমতার একটি বেলুনে অক্‌সিজেন ভর্তি আছে। 1 বায়ুচাপ ও 27° সে. উষ্ণতায় অক্‌সিজেনের ঘনত্ব 1·31 গ্রা/লিটার হইলে বেলুনে কত ওজনের অক্‌সিজেন আছে ?

[উ। 6550 গ্রাম] [*Engineering Entrance Exam. 1963*]

9. চাপ এবং তাপের হ্রাস বৃদ্ধিতে নির্দিষ্ট ওজনের গ্যাসের আয়তনের পরিবর্তন সম্বন্ধীয় সূত্রের উল্লেখ কর।

একটি ফ্লাস্কের ধারণ-ক্ষমতা 530 সি.সি.। ব্যারোমিটারের চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া ফ্লাস্কের তাপমাত্রা 27° সে. তাপাংক হইতে 127° সে. তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ বায়ু ফ্লাস্ক হইতে বাহির হইয়া যাইবে ?

[উ। 176·6 সি. সি.]

10. 15° সে. উষ্ণতায় এবং 773 মি. মি. চাপে 288 সি. সি. অক্সিজেন একটি পাত্রে জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হইবে? 15° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 13 মি. মি.।

[উ। 273 সি. সি.]

11. 760 মি. মি. চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাস ও মার্বল টুকরা একত্রে আয়তন 200 সি. সি. ; চাপ দ্বিগুণ বাড়াইলে উহাদের মিলিত আয়তন দাঁড়ায় 150 সি. সি.। মার্বল পাথরের টুকরার আয়তন কত হইবে? তাপের কোন পরিবর্তন ঘটিবে না।

[উ : 100 সি. সি.]

12. একটি 250 সি. সি. ফ্লাস্ক 750 মি. মি. চাপে 150 সি. সি. হাইড্রোজেন, 350 মি. মি. চাপে 75 সি. সি. অক্সিজেন এবং 250 মি. মি. চাপে 50 সি. সি. নাইট্রোজেন দ্বারা ভর্তি করা হইল। প্রত্যেক গ্যাসের আংশিক চাপ এবং মিশ্র গ্যাসের চাপ গণনা কর।

[উ। H_2-এর চাপ $=450$ মি. মি. ; $O_2=105$ মি. মি. ; $N_2=50$ মি.মি. ; মিশ্র গ্যাসের চাপ $=605$ মি. মি.]

13. 27° সে. উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. চাপে 100 সি. সি. হাইড্রোজেন জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে শুষ্ক গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

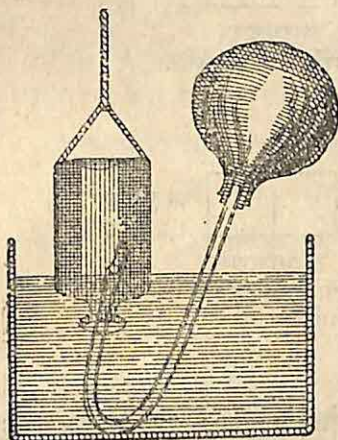
(27° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14·4 মি.মি.) [উ। 91·12 সি.সি.]

14. 10 বায়ু-চাপে এক পাত্রে 50 লিটার হাইড্রোজেন আছে; 2 বায়ুচাপে সেই গ্যাস দ্বারা 2 লিটার ধারণক্ষমতার কয়টি বেলুন ভর্তি করা যাইবে?

[উ। 125]

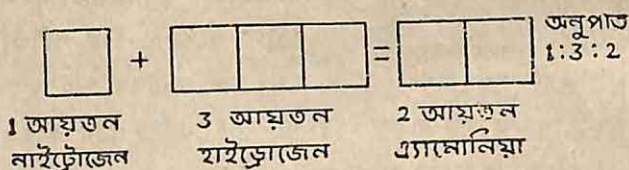
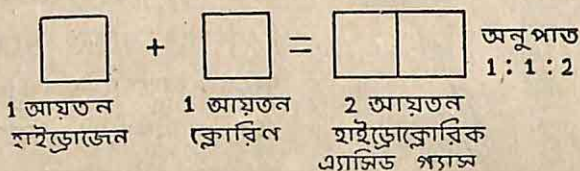
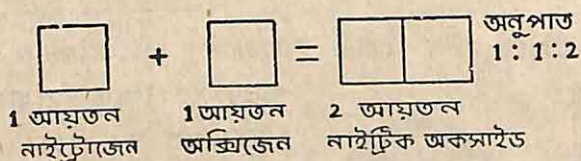
---

৯ গে-লুসাকের গ্যাস আয়তনিক সূত্র ও অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প

1783 খ্রীষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশ হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেন গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎ স্পর্শ দ্বারা সংযোগ ঘটাইয়া জল তৈরী করেন। গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় এই পরীক্ষাটি ফরাসী বিজ্ঞানী গে-লুসাককে (Gay-Lussac) বিশেষভাবে আকর্ষণ করে। তিনি সহযোগী হামবোল্টের (Humbolt) সঙ্গে বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশের অক্‌সিজেন-হাইড্রোজেন সংযোগের এই গ্যাসীয় বিক্রিয়াটি নূতন করিয়া পরীক্ষা করেন। এই পরীক্ষায় দেখা যায়, দুই আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন অক্‌সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া দুই আয়তন স্টীম গঠন করে। হাইড্রোজেন, অক্‌সিজেন ও স্টীমের আয়তনে (volume) এরূপ সরল অনুপাত (2 : 1 : 2) দেখিয়া গে-লুসাক অত্যন্ত বিস্মিত হয়।

ক্যাভেনডিশের গ্যাস পরীক্ষার যন্ত্র

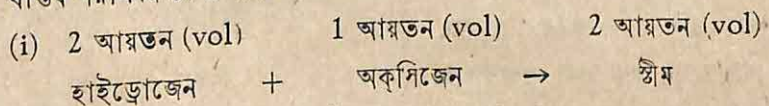
গে-লুসাকের মনে প্রশ্ন জাগে, অন্যান্য গ্যাসীয় পদার্থও কি এরূপ সরল অনুপাতে সম্মিলিত হইয়া নূতন গ্যাসীয় যৌগ গঠন করে। তিনি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস সংযুক্ত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী করেন। এইরূপে তিনি অনেকগুলি যৌগ গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় করেন। এরূপ গ্যাস বিক্রিয়ায় (gaseous reaction) দেখা যায় গ্যাসগুলি পরস্পরে সংযুক্ত হয় আয়তনের এক সরল অনুপাতে এবং বিক্রিয়ার ফলে যে নূতন গ্যাসীয় যৌগ তৈরী হয় তাহার আয়তনেও সংযোগী

বিজ্ঞানী গে-লুসাক

গ্যাসের আয়তনের সঙ্গে একই রকম সরল অনুপাত দেখা যায়। **গে-লুসাকের পরীক্ষার** ফল ও অনুপাত দেখা যায় এইভাবে :

গ্যাসীয় বিক্রিয়ায় উৎপাদক ও উৎপন্ন গ্যাসগুলির পরস্পরে আয়তনের এরূপ সরল অনুপাত দেখিয়া গে-লুসাক একটি সূত্র রচনা করেন। **এই সূত্রটিকে গে-লুসাকের সূত্র বা গ্যাস আয়তনিক সূত্র** (Gay Lussac's Law or Law of gaseous volumes) **বলা হয়।**

গে-লুসাক সূত্র : একই চাপ ও উষ্ণতায় বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে—(i) ইহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে এবং (ii) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থটি যদি গ্যাসীয় হয় তবে সেই গ্যাসটির আয়তনের সঙ্গে ও বিক্রিয়াকারী গ্যাসগুলির আয়তনের একটি সরল অনুপাত দেখা যায়।

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় :

(i) 2 আয়তন (vol) হাইড্রোজেন + 1 আয়তন (vol) অকসিজেন → 2 আয়তন (vol) ষ্টীম

হাইড্রোজেন : অক্সিজেন : জলীয় বাষ্প → 2 : 1 : 2

(ii) 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

হাইড্রোজেন + ক্লোরিন → হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস

হাইড্রোজেন : ক্লোরিন : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড→1 : 1 : 2

(iii) 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

নাইট্রোজেন অক্সিজেন→নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস

নাইট্রোজেন : অকসিজেন : নাইট্রিক অক্সাইড→1 : 1 : 2

(iv) 1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন

নাইট্রোজেন + হাইড্রোজেন →অ্যামোনিয়া

নাইট্রোজেন : হাইড্রোজেন : অ্যামোনিয়া→1 : 3 : 2

ডলটনের পারমাণবিক সূত্র ও গে-লুসাক সূত্রের সাদৃশ্য :

গে-লুসাক এই সূত্রটি প্রকাশ করেন 1808 খ্রীষ্টাব্দে। ডলটনও পরমাণুবাদ রচনা করেন 1803 খ্রীষ্টাব্দে।

ডলটনের পরমাণুবাদ বলে যে, **মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি পরস্পর মিলিত হয় সরল অনুপাতে।** যথা : 1 : 1 ; 1 : 2 : 3 ; 2 : 3 এরূপ সরল অনুপাতে।

আবার গে-লুসাকের সূত্রটিও বলে যে, **মৌলিক পদার্থগুলি গ্যাসীয় অবস্থায় পরস্পরে মিলিত হয় পারস্পরিক আয়তনের সরল অনুপাতে।** যথা : 1 : 1 ; 1 : 2 : 3 ; 2 : 3 —এরূপ অনুপাতে।

এই সূত্র দুইটির মধ্যে অনেকটা সাদৃশ্য দেখিয়া গে-লুসাক প্যারিস হইতে ম্যাঞ্চেষ্টারে যান এবং ডলটনকে পরীক্ষালব্ধ এই গ্যাস আয়তন সূত্রটির কথা বলেন। কিন্তু সে সময়ে ডলটন এই গ্যাস-আয়তনিক সূত্রটির কোন গুরুত্ব দিতে অনিচ্ছা প্রকাশ করেন। কারণ, এই সূত্রটির সঙ্গে ডলটনের পারমাণবিক তত্ত্বের অসঙ্গতি দেখা যায়।

অ্যাভোগাড্রোর সূত্র (Avogadro's law)

সম-আয়তন বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে একই সংখ্যক পদার্থ-কণা থাকে বটে কিন্তু এরূপ গ্যাসীয় পদার্থ কণাগুলি কিভাবে গঠিত সর্বপ্রথমে তার যথার্থ কল্পনা করেন ইটালীয়ান বিজ্ঞানী **অ্যামেদেও অ্যাভোগাড্রো** (Amedeo Avogadro)। তাঁর কল্পনাটি অতি সাধারণ, কিন্তু এই সাধারণ কল্পনাটিই রসায়ন বিজ্ঞানকে দিয়াছে এক অসাধারণ প্রগতির সন্ধান।

তিনি নিজের মতবাদটি প্রকাশ করেন 1811 খ্রীষ্টাব্দে। কিন্তু প্রায় চল্লিশ বছর পর্যন্ত তাঁর মতবাদকে কেহ গ্রাহ্য করে নাই। অ্যাভোগাড্রোর মৃত্যুর পর ক্যান্নিজারো (Cannizzaro)

নামে তাঁর এক ছাত্র অ্যাভোগাড্রোর মতবাদের গুরুত্ব প্রমাণ করেন। অ্যাভোগাড্রোর মতবাদের সাহায্যে তিনি গে-লুসাকের গ্যাস আয়তনিক সূত্রের রহস্য সমাধান করেন এবং বার্জিলাসের ভুল সংশোধন করেন এবং পরমাণুর গুরুত্ব নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি স্থির করেন। তাঁর ফলেই অ্যাভোগাড্রোর সূত্রটি প্রতিষ্ঠা করা সম্ভব হয়।

অণু বা মলিকুল (Molecule)

স্বাধীন অবস্থায় পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় অ্যাভোগাড্রো তার এক নূতন সংজ্ঞা দেন। তিনি বলেন **প্রকৃতিতে স্বাধীন অবস্থায় কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা পাওয়া যায় তাহা অণু বা মলিকুল** (molecule)। অণু বা মলিকুলের কল্পনা প্রবর্তন করার সঙ্গে সঙ্গতি রাখিয়া তিনি ডলটনের পরমাণু বা অ্যাটমের কল্পনাকে যথার্থ বলিয়া গ্রহণ করেন। তিনি বলেন, পদার্থের স্বাধীন কণাগুলি পাওয়া যায় অণু বা মলিকুল রূপে। সাধারণত এই অণু বা মলিকুলগুলি পরমাণু বা অ্যাটম কণার সংযোগে গঠিত।

এই অণু বা মলিকুল দুই রকম – **মৌলিক অণু** (elementary molecule) ও **যৌগিক অণু** (compound molecule)।

যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন কণাগুলিকে ডলটনের ন্যায় পরমাণু কণারূপে আখ্যা দেওয়া অনুচিত। **যে কোন যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন কণাগুলি সর্বক্ষেত্রে একাধিক মৌলিক পদার্থের দুইটি বা তার বেশি পরমাণুর সমবায়ে গঠিত অণুকণা বা মলিকুল। ইহাদের বলা হয় যৌগিক অণু।** যথা: একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা সংগঠিত স্বতন্ত্র কণাটি একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু (HCl); দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা সংগঠিত স্বতন্ত্র কণাটি একটি জল অণু (H_2O); একটি হাইড্রোজেন, একটি নাইট্রোজেন ও তিনটি অক্সিজেন কণা দ্বারা সংগঠিত স্বতন্ত্র কণাটি একটি নাইট্রিক অ্যাসিড অণু বা মলিকুল (HNO_3) ইত্যাদি।

মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন কণাগুলিকে বলা হয় মৌলিক অণু। মৌলিক অণু দুইভাবে গঠিত হইতে পারে। কোন মৌলিক পদার্থের একটি মাত্র পরমাণু কণাকেও অনেক সময় অণু বলা হয়। এরূপ ক্ষেত্রে অণু ও পরমাণুর একই অর্থ। সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, লৌহ ইত্যাদি ধাতব মৌলিক পদার্থের এবং কার্বন, বোরন, সিলিকন, ইত্যাদি অ-ধাতব

মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত বলিয়া ধরিয়া লওয়া হয়। ইহাদের ফর্মুলা যথাক্রমে Na, Ca, Al, Fe ; C, B, Si ইত্যাদি। সালফার ও ফসফরাস অণু সাধারণতঃ ফর্মুলা লেখার সময় যথাক্রমে S এবং P দ্বারা নির্দিষ্ট করা হইলেও বিভিন্ন অবস্থায় সালফারের আণবিক ফর্মুলা, S_2, S_6 বা S_8 এবং ফসফরাসের অণুর গঠন P_4 বা P_2 রূপে থাকিতে পারে।

অ-ধাতব গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের স্বাধীন অণুগুলি প্রায়ই একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত। যথা : হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি গ্যাসীয় মৌলিক অণুগুলি দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। তাই ইহাদের আণবিক (molecular) ফর্মুলা যথাক্রমে H_2, O_2, N_2, Cl_2 ইত্যাদি। স্বাভাবিক অবস্থায় মৌলিক পদার্থ ব্রোমিন তরল ও আয়োডিন কঠিন। কিন্তু গ্যাসীয় অবস্থায় উহাদের ফর্মুলা Br_2, এবং I_2.

নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির অণু এক পারমাণবিক, যথা : A, Ne, He.

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প (Avogadro's hypothesis)

অ্যাভোগাড্রো অণুর (molecule) কল্পনা করিয়া সূত্রাকারে বলেন :

সম-উষ্ণতা ও সম-চাপে সম-আয়তন যে-কোন গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু বা মলিকুল বর্তমান থাকে।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী একই উষ্ণতায় ও একই চাপে 1 c.c. অক্সিজেন এবং 1 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে যত সংখ্যক অণু থাকে 1 c.c. ক্লোরিন বা 1 c.c. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা 1 c.c. নাইট্রোজেন বা 1 c c. অ্যামোনিয়া, অর্থাৎ 1 c.c. যে-কোন **গ্যাসীয় মৌলিক বা যৌগিক পদার্থে** একই অর্থাৎ সম-সংখ্যক অণু থাকে। 1 c.c. হাইড্রোজেনে কোন বিশেষ উষ্ণতায় ও চাপে যদি 50000 কোটি অণু থাকে তবে 1 c.c. নাইট্রোজেন বা 1 c.c. অ্যামোনিয়া বা 1 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের মধ্যেও সেই **উষ্ণতায় ও চাপে** 50000 কোটি অণু পাওয়া যাইবে।

অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সাহায্যে গ্যাস আয়তনিক সূত্রের ব্যাখ্যা

(Law of gaseous volumes and Avogadro's hypothesis)

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া নির্ভুলভাবে গ্যাস-আয়তনিক বিক্রিয়া (gaseous reaction) ব্যাখ্যা করা যায়। উদাহরণস্বরূপ :

1. **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড** গ্যাস গঠনের বিক্রিয়া :

2 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস গঠিত হয় 1 c.c. হাইড্রোজেনের সঙ্গে 1 c.c. ক্লোরিনের সংযোগে

যদি 1 c.c গ্যাসে n সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে [n = যে-কোন সংখ্যা] ; তবে 2 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে $2n$ সংখ্যক অণু থাকিবে এবং 1 c.c. হাইড্রোজেনে n অণু ও 1 c.c. ক্লোরিনেও n সংখ্যক অণু বর্তমান থাকিবে।

সুতরাং আয়তনের পরিবর্তে অণুর সংখ্যা দ্বারা গ্যাস বিশ্লেষণ করা হইলে বলা যায় যে $2n$ সংখ্যক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু গঠিত হয় n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর সঙ্গে n সংখ্যক ক্লোরিন অণুর সংযোগে ;

অথবা, 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠিত হয়

1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিনের সংযোগে।

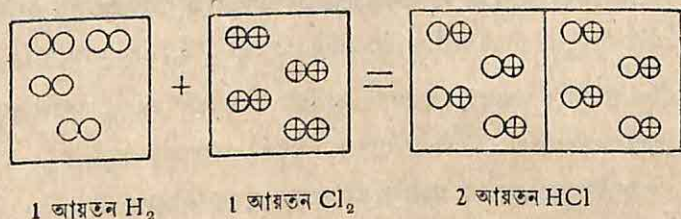
সুতরাং 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠিত হয়

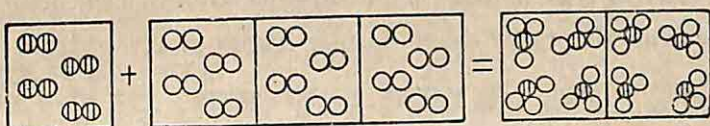
$\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিনের সংযোগে।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে **হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত**। তাই,

$\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন বা $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন **অণু** = 1 হাইড্রোজেন বা 1 ক্লোরিন **পরমাণু** ; সুতরাং 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠিত হয় 1 হাইড্রোজেন পরমাণু + 1 ক্লোরিন পরমাণু সংযোগে।

চিত্রাকারে গ্যাসীয় আয়তনের সংযোগ-বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করা যায় এইভাবেঃ

মনে কর, সম-উষ্ণতায় ও চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন, 1 আয়তন ক্লোরিন বা 1 আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে 4টি করিয়া অণু বর্তমান। একটি হাইড্রোজেন অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি ক্লোরিন, দুইটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা গঠিত। যেহেতু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি ক্লোরিন পরমাণু পরস্পরে যুক্ত হইয়া একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু গঠন করে, তাই হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠনের প্রক্রিয়াটির পরিচয় দেওয়া যায়ঃ

2 আয়তন HCl অণুতে আছে 8টি অণু এবং 8টি HCl অণু গঠিত হয় 8টি H-পরমাণু ও 8টি Cl-পরমাণু দ্বারা অর্থাৎ মোট 16টি পরমাণুর দ্বারা। এই 16টি পরমাণুর মধ্যে 8টি H পরমাণু সরবরাহ করে 4টি হাইড্রোজেন অণু (H_2) এবং 8টি Cl-পরমাণু সরবরাহ করে 4টি ক্লোরিন অণু (Cl_2)।

2. নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অণুর সংযোগে অ্যামোনিয়া গঠনের প্রক্রিয়াটিও চিত্রাকারে দেখান যায় :

1 আয়তন N_2 3 আয়তন H_2 2 আয়তন NH_3

মনে কর, 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাসে আছে 4টি নাইট্রোজেন অণু (N_2) বা 8টি N-পরমাণু এবং 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে আছে 12টি হাইড্রোজেন অণু (H_2) বা 24টি H-পরমাণু এবং 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাসে আছে 8টি অ্যামোনিয়া অণু (NH_3) বা 8টি N-পরমাণু, 24টি H-পরমাণু। কারণ, একটি অ্যামোনিয়া অণু (NH_3) একটি N-পরমাণু ও তিনটি H পরমাণু দ্বারা গঠিত।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের অবদান :

(i) এই প্রকল্প সর্বপ্রথম পরমাণু এবং অণুর পার্থক্য নির্দেশ করিয়া পদার্থের গঠন সম্বন্ধে ধারণা সুস্পষ্ট ও সুনির্দিষ্ট করে।

(ii) অ্যাভোগাড্রোর এই প্রকল্পটি গ্রহণ করিয়া গে-লুসাকের যে-কোন গ্যাস আয়তনিক পরীক্ষা ব্যাখ্যা করা যায় এবং ডলটনের পারমাণবিক তত্ত্বের সঙ্গে তাহা সঙ্গতি রক্ষা করে।

(ii) রাসায়নিক বিক্রিয়া সুস্পষ্টভাবে অনুধাবন এবং সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা এই প্রকল্প দ্বারা সম্ভব হইয়াছে।

(iv) এই প্রকল্পের ফলে পরমাণুর ওজন নির্ণয় এবং রাসায়নিক গণনা সম্ভব হইয়াছে।

অ্যাভোগাড্রোর মতবাদটি আগে ছিল একটি কল্পনা মাত্র। তাই ইহাকে আগে **প্রকল্প বা হাইপথেসিস** (Hypothesis) বলা হইত। কিন্তু পরবর্তী কালে প্রত্যক্ষভাবে না হইলেও পরোক্ষভাবে প্রতিটি ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রোর

প্রকল্প যে অভ্রান্ত তাহা প্রমাণিত হইয়াছে। বর্তমানে অণুর ফটো গ্রহণও সম্ভব হইয়াছে। তাই, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অর্থাৎ অ্যাভোগাড্রোর হাইপথেসিসকে এখন **অ্যাভোগাড্রোর সূত্র** বা **ল** (Avogadro's law) বলা হয়।

অ্যাভোগাড্রোর অণু-কল্পনা দ্বারা ডলটনের পরমাণুবাদের সংশোধন (Modification of Dalton's atomic theory by the molecular theory of Avogadro) :

ডলটনের ধারণা ছিল পরমাণুই পদার্থের একমাত্র ক্ষুদ্রতম অন্তিম কণা। প্রথমে মৌল ও যৌগ উভয় প্রকার পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকেই তাই বলা হইত পরমাণু। কিন্তু অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প গ্রহণের ফলে একথা জানা যায় যে, পরমাণু কণা মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অন্তিমকণা বটে কিন্তু যৌগিক পদার্থের কণা স্বাধীন অবস্থায় থাকে অণুরূপে। সাধারণত গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের স্বাধীন কণাগুলি থাকে দুইটি করিয়া পরমাণুর সমবায়ে গঠিত অণুরূপে। [হিলিয়াম ও নিয়ন-জাতীয় নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থগুলি সব সময়ে পারমাণবিক অবস্থায় থাকে। অন্যান্য পদার্থের স্বতন্ত্র কণাগুলিকেও অণু বলা হয় কিন্তু কঠিন অবস্থায় প্রাপ্ত মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে পরমাণু ও অণুর একই অর্থ। যথা : সোডিয়ামের প্রতীক—Na দ্বারা, কার্বনের প্রতীক—C দ্বারা, ক্যাল-সিয়ামের প্রতীক—Ca দ্বারা—অণু ও পরমাণু দুই-ই বুঝায়। যৌগিক পদার্থ মাত্রই একাধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা গঠিত। তাই, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প গ্রহণের পরে যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন কণাকে আর পরমাণু বলা হয় না, বলা হয় **অণু বা মলিকুল** [অণু ও পরমাণুর প্রাথমিক পরিচয় প্রথম ভাগে নবম অধ্যায়ে দেওয়া হইয়াছে]।

অণুবাদ (Molecular theory) গ্রহণের ফলে ডলটনের **পরমাণুবাদ** (Atomic theory) সংশোধন করিয়া এইভাবে লেখা যায় :

1. **প্রকৃতিতে মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম স্বাধীন কণা পাওয়া যায় প্রধানত অণুরূপে।** এই অণুগুলি সাধারণত এক জাতীয় অথবা বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সমবায়ে গঠিত।

2. **অণুকণার গঠন দুই রকম। একই রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণুর দ্বারা গঠিত অণুকে মৌলিক অণু** (elementary molecule)

বলা হয় এবং বিভিন্ন রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণুর দ্বারা গঠিত অণুকে বলা হয় যৌগিক অণু (compound molecule)

একরকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত **মৌলিক অণুর** কয়েকটি উদাহরণ ও ফর্মুলা—H_2, O_2, N_2, Cl_2 ইত্যাদি। প্রধানতঃ স্বাভাবিক অবস্থায় প্রাপ্ত গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণুগুলি দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা মৌলিক অণুরূপে গঠিত।

একাধিক মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন পরমাণু দ্বারা গঠিত কয়েকটি **যৌগিক অণুর** উদাহরণ ও ফর্মুলা – H_2O, HCl, NaCl, CO_2, H_2SO_4 ইত্যাদি।

3. **পরমাণু কণাগুলি পরস্পরে সরল অণুপাতে সংযুক্ত হইয়া অণু গঠন করে।** যথা: 1 : 1 ; 1 : 2 ; 2 : 3 ; 1 : 2 : 3 ইত্যাদি।

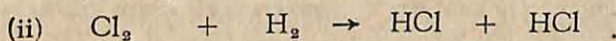
উদাহরণস্বরূপ : HCl (1 : 1) ; H_2O (2 : 1) ; NH_3 (1 : 3) ইত্যাদি।

4. **রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় একরকম অণুর জোটবন্ধন ভাঙ্গিয়া নূতন ধরনের আণবিক জোট বা মলিকুল গঠিত হয়।**

জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি যৌগ গঠনের বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

(i) $H_2 + H_2 + O_2 \rightarrow H_2O + H_2O$

হাইড্রোজেন অণু হাইড্রোজেন অণু অক্সিজেন অণু জল অণু জল অণু

(ii) $Cl_2 + H_2 \rightarrow HCl + HCl$

ক্লোরিন অণু হাইড্রোজেন অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু

(iii $CaO + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$

ক্যালসিয়াম অক্সাইড অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অণু জল অণু

অ্যাভোগাড্রো-সূত্রের প্রয়োগ বা অনুসিদ্ধান্ত

(Application of or deduction from
Avogadro's hypothesis)

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প বা সূত্র এইভাবে প্রয়োগ করা যায় :

1. **সাধারণ গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত অর্থাৎ দ্বি-পারমাণবিক** (molecule of gaseous elements are di-atomic)।

2. **কোন গ্যাসীয় মৌল বা যৌগের আণবিক ওজন ইহার বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ** (molecular weight of a gaseous element or compound is twice its vapour density)।

3. **প্রতিটি গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ফর্মুলা নির্ণয় করা সম্ভব** (molecular formula of every gaseous substance can be determined)।

4. **মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব** (atomic weight of elements can be determined)।

5. **প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N. T. P.) এক গ্রাম অণু ওজন যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার।**

1. **গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণু গঠন দ্বি-পারমাণবিক** (a gaseous elementary molecule is di-atomic)।

হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থের অণু যে দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত, তাহা সহজেই প্রমাণ করা যায়।

(i) **হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পারমাণবিক** (hydrogen and chlorine molecules are di-atomic) :

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় 1 c. c. হাইড্রোজেন + 1 c. c. ক্লোরিন গঠন করে 2 c. c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস।

সম-উষ্ণতা ও সম-চাপের প্রভাবে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী প্রতি 1 c. c. আয়তনের যে-কোন রকম গ্যাসে পাওয়া যায় একই সংখ্যক অণু-কণা।

মনে কর, এরূপ অণুকণার সংখ্যা $= n$;

সুতরাং 1 c. c. হাইড্রোজেন আছে $= n$ হাইড্রোজেন অণু ;
1 c. c. ক্লোরিন আছে $= n$ ক্লোরিন অণু ; এবং
2 c. c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে আছে
$= 2n$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু

তাই, আয়তনের পরিবর্তে অণুকণার সংখ্যা হিসাবে বিক্রিয়াটি লেখা যায় :

n হাইড্রোজেন অণু $+ n$ ক্লোরিন অণু গঠন করে $2n$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু ;

অথবা, 1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিন গঠন করে 2 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। অর্থাৎ, 1 অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠিত হয় $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন দ্বারা।

ডলটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুতে

কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন পরমাণু থাকিবে। সুতরাং একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুতে আছে কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন পরমাণু। ইহারা আসিয়াছে $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন এবং $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন হইতে। তাই, একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন অণুতে অবশ্যই কমপক্ষে দুইটি করিয়া পরমাণু থাকিবে। সুতরাং হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণুর ফর্মুলা হইবে—H_2 ও Cl_2 অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পারমাণবিক (di atomic)।

(ii) **অক্সিজেন অণু দ্বি-পারমাণবিক** (An oxygen molecule is di-atomic) : বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় 2 c. c. হাইড্রোজেন ও 1 c. c. অক্সিজেন মিলিয়া 2 c. c. জলীয় বাষ্প বা গ্যাস তৈরী করে। সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী :

2 c. c. হাইড্রোজেনে আছে $2n$ হাইড্রোজেন অণু ; 1 c. c. অক্সিজেনে আছে n অক্সিজেন অণু এবং 2 c. c. জলীয় বাষ্পে আছে $2n$ জলীয় অণু ;

অর্থাৎ অণুর সংখ্যা হিসাবে $2n$ হাইড্রোজেন অণু n অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে $2n$ জল অণু ;

অথবা, 2 অণু হাইড্রোজেন $+$ 1 অণু অক্সিজেন গঠন করে 2 অণু জল ;

অথবা, 1 অণু হাইড্রোজেন $+\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন গঠন করে 1 অণু জল।

অর্থাৎ একটি জল অণু গঠনের জন্য কমপক্ষে একটি হাইড্রোজেন অণু ও $\frac{1}{2}$ অক্সিজেন অণু প্রয়োজন। কিন্তু পরমাণুকে ভাগ করা যায় না। সুতরাং একটি অক্সিজেন অণু কমপক্ষে দুইটি পরমাণু দ্বারা গঠিত হইবে। তবেই $\frac{1}{2}$ অক্সিজেন অণুতে কমপক্ষে একটি অক্সিজেন পরমাণু পাওয়া সম্ভব। সুতরাং একটি অক্সিজেন অণুতে কমপক্ষে দুইটি পরমাণু বর্তমান। যেহেতু কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরীক্ষায়ই এই অক্সিজেন অণুতে দুইটির বেশি পরমাণু পাওয়া যায় না, সেই হেতু অক্সিজেনের আণবিক ফর্মুলা হইবে $=O_2$; অক্সিজেনের অণু দ্বি-পারমাণবিক।

2. কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন বা গুরুত্ব সেই গ্যাসের বাষ্প ঘনত্বের দ্বিগুণ

(Molecular weight of any gas is twice its vapour density)

সাধারণত গ্যাসের ঘনত্ব মাপা হয় আপেক্ষিক ঘনত্ব বা বাষ্প-ঘনত্ব তথা রিলেটিভ ডেনসিটি (relative density) বা ভেপার ডেনসিটি

(vapour density) রূপে। গ্যাসের ঘনত্ব বলিলে সাধারণভাবে এরূপ আপেক্ষিক বা বাষ্প-ঘনত্বই বুঝায়। যথা :

সম-চাপ ও সম-উষ্ণতায় যে-কোন গ্যাসের ওজন সম-আয়তন হাইড্রোজেনের তুলনায় যতগুণ ভারী সেই সংখ্যাই সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব বা আপেক্ষিক ঘনত্ব। অর্থাৎ 1 c.c. হাইড্রোজেনের তুলনায় অন্য কোন 1 c. c. পরিমাণ গ্যাস যতগুণ ভারী তাহাই সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব যথা :

$$\text{বাষ্প-ঘনত্ব} = \frac{x \text{ c.c. যে-কোন গ্যাসের ওজন}}{x \text{ c.c. হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad [\, x = \text{যে-কোন সংখ্যা} \,]$$

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী সম-উষ্ণতায় ও সমচাপে x c. c. যে-কোন গ্যাসে যদি থাকে n গ্যাস অণু, তবে x c.c. হাইড্রোজেনেও থাকে n হাইড্রোজেন অণু।

$$\text{সুতরাং লেখা যায় : } D = \frac{n \text{ সংখ্যক যে-কোন গ্যাস-অণুর ওজন}}{n \text{ সংখ্যক হাইড্রোজেন অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{n \times 1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{n \times 1 \text{ হাইড্রোজেন-অণুর ওজন}} = \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{1 \text{ হাইড্রোজেন অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{2 \text{ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}} \quad [\text{কারণ, একটি হাইড্রোজেন অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর দ্বারা গঠিত}]$$

$$= \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{2 \times 1 \text{ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{1 \text{ গ্যাস-অণুর ওজন}}{2 \times 1} \quad [\text{কারণ, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন} = 1 \text{ ধরিলে}]$$

অথবা

$2 \times D = M$ (**আণবিক ওজন**)

তাই, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী জানা যায়, **যে-কোন গ্যাসের আণবিক ওজন সেই গ্যাসের আপেক্ষিক বা বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ** (molecular weight of any gas is twice its relative or vapour density) ; অর্থাৎ $M = 2 \times D$.

[হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008 ধরা হইলে এই ফর্মুলাটি হইবে : $M = 2{\cdot}016 \times D$]

উদাহরণ ঃ

1. প্রমাণ চাপ ও তাপে 1000 সি.সি. কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) ওজন 1·98 গ্রাম এবং 1000 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন ·09 গ্রাম। কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) আণবিক ওজন কত ?

এখানে কার্বন ডাই-অকসাইডের বাষ্প-ঘনত্ব $= \frac{1·98}{·09} = 22$

সুতরাং „ „ „ আণবিক ওজন $= 2 \times D = 2 \times 22 = 44.$

2. প্রমাণ চাপ ও তাপে এক লিটার (1000 সি. সি.) অক্সিজেনের ওজন 1·429 গ্রাম ঃ এবং এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন ·09 গ্রাম। অক্সিজেনের আণবিক ওজন কত ?

এখানে অক্সিজেনের বাষ্প-ঘনত্ব $= \frac{1·429}{·09} = 16$ (প্রায়)

অর্থাৎ অক্সিজেনের আণবিক ওজন $= 2 \times D = 2 \times 16 = 32.$

3. কোন গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি হইতে উহার ফর্মুলা নির্ণয়
(Determination of the molecular formula of a gas from its volumetric composition)

কোন একটি গ্যাস (i) কি কি গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত এবং (ii) সেই মৌলিক পদার্থগুলি কিরূপ আয়তনে পরস্পরে সংযুক্ত এবং (iii) সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব কত এই তথ্যগুলি জানা সম্ভব হইলে যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের ফর্মুলা নির্ণয় করা যায়। যথা ঃ

(i) **জলের আণবিক ফর্মুলা** (Molecular formula of water) ঃ বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায় যে 2 c.c. হাইড্রোজেন ও 1 c.c. অক্সিজেন যুক্ত হইয়া 2 c.c. জলীয় বাষ্প গঠন করে ;

অর্থাৎ 2 c.c. জলীয় বাষ্প গঠনের জন্য প্রয়োজন

2 c.c. হাইড্রোজেন + 1 c.c. অক্সিজেন

অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুযায়ী সম-উষ্ণতায় ও সম-চাপে 1 c.c. পরিমাণ যে-কোন রকম গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু পাওয়া যায়।

অর্থাৎ 1 c.c. গ্যাসে যদি থাকে n অণু, তবে 2 c.c. জলীয় বাষ্পে থাকে $2n$ জলীয় অণু ; 2 c.c. হাইড্রোজেনে থাকে $2n$ হাইড্রোজেন অণু এবং 1 c.c. অক্সিজেনে আছে n অক্সিজেন অণু।

সুতরাং আয়তনের পরিবর্তে অণু-সংখ্যা অনুযায়ী বিক্রিয়াটি লেখা যায় :

$2n$ জলীয় অণু গঠনের জন্য প্রয়োজন

$2n$ হাইড্রোজেন অণু $+ n$ অক্সিজেন অণু ;

অর্থাৎ 2 জলীয় অণু গঠনের জন্য প্রয়োজন

2 হাইড্রোজেন অণু + 1 অকসিজেন অণু ;

অথবা, 1 জলীয় অণু গঠনের জন্য প্রয়োজন

1 হাইড্রোজেন অণু + $\frac{1}{2}$ অক্সিজেন অণু

অর্থাৎ **জলীয় অণু** গঠনের জন্য প্রয়োজন 2 **হাইড্রোজেন পরমাণু +1 অক্সিজেন পরমাণু** [কারণ, 1 হাইড্রোজেন অণু = 2 হাইড্রোজেন পরমাণু, 1 অক্সিজেন অণু = 2 অক্সিজেন পরমাণু]

সুতরাং একটি জল অণুতে আছে দুইটি হাইড্রোজেন (2H) পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন (1-O) পরমাণু। তাই জলের আণবিক ফর্মুলা—H_2O

(ii) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক ফর্মুলা** (Molecular formula of hydrochloric acid gas) :

বাস্তব পরীক্ষা অনুযায়ী 1 c.c. হাইড্রোজেন + 1 c.c. ক্লোরিন গঠন করে 2 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস :

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী n হাইড্রোজেন অণু $+ n$ ক্লোরিন-অণু গঠন করে $2n$ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু ;

অথবা, 2 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু গঠিত হয়—

1 হাইড্রোজেন অণু + $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন অণু দ্বারা ;

অর্থাৎ 1 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু গঠিত হয়

$\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন অণু + 1 ক্লোরিন অণু দ্বারা ;

অথবা, 1 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু গঠিত হয় 1 H-পরমাণু + 1 Cl-পরমাণু দ্বারা ;

সুতরাং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের আণবিক ফর্মুলা HCl.

(iii) **নাইট্রিক অক্সাইডের ফর্মুলা** (Molecular formula of nitric oxide) : নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত এবং বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়

2 c.c. নাইট্রিক অক্সাইডে আছে 1 c.c. নাইট্রোজেন ; সুতরাং

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী $2n$ নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে n-নাইট্রোজেন অণু ;

অর্থাৎ 2 নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে 1 নাইট্রোজেন অণু

অথবা 1 নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে $\frac{1}{2}$ নাইট্রোজেন অণু

অর্থাৎ 1 নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে আছে 1 নাইট্রোজেন পরমাণু

সুতরাং বলা যায় একটি নাইট্রিক অক্সাইড অণুতে একটি নাইট্রোজেন পরমাণু এবং n সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণু আছে। তাহা হইলে নাইট্রিক অক্সাইডের ফর্মুলা $= NO_n$.

বাস্তব পরীক্ষা অনুযায়ী জানা আছে যে নাইট্রিক অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব $=15$

সুতরাং নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক ওজন $=15 \times 2=30$

[অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী]

অর্থাৎ একটি (NO_n) অণুর ওজন $=30$; ইহার অর্থ 1-N পরমাণু+ n O-পরমাণুর যুক্ত ওজন $=30$; অথবা, $N+n \times O=30$.

নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন $=14$; অক্সিজেনের $=16$

তাই, $14+16 \times n=30$; অথবা $n=1$; সুতরাং ফর্মুলা $-$ NO

(iv) **অ্যামোনিয়ার ফর্মুলা** (Molecular formula of ammonia) : বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায়

3 আয়তন হাইড্রোজেন (H) এবং 1 আয়তন নাইট্রোজেন (N) গঠন করে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া ; সম-চাপ ও তাপে সম-আয়তনে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী সম-সংখ্যক অণু বর্তমান।

সুতরাং $3n$ অণু হাইড্রোজেন $+ n$ অণু নাইট্রোজেন গঠন করে

$2n$ অণু অ্যামোনিয়া

অর্থাৎ 3 অণু হাইড্রোজেন+1 অণু নাইট্রোজেন গঠন করে 2 অণু অ্যামোনিয়া

অর্থাৎ 6 পরমাণু হাইড্রোজেন+2 পরমাণু নাইট্রোজেন গঠন করে

2 অণু অ্যামোনিয়া

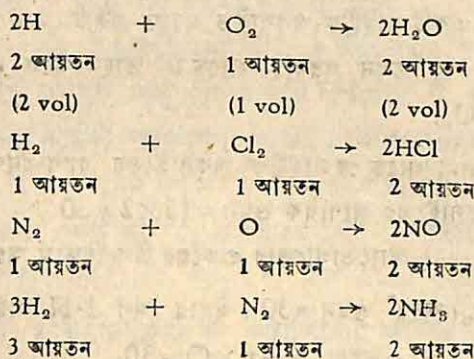
অর্থাৎ 3 পরমাণু হাইড্রোজেন (H) এবং 1 পরমাণু নাইট্রোজেন (N) গঠন করে

1 অণু অ্যামোনিয়া

সুতরাং অ্যামোনিয়ার আণবিক ফর্মুলা $=(3H+1N)-NH_3$

অণু ও আয়তন (Molecule and volume)

কত আয়তনে বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থগুলি পরস্পরে যুক্ত হয়, রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে সহজেই তাহা নির্ণয় করা যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একটি গ্যাসীয় অণুর আয়তন যদি ধরা যায় এক আয়তন (1 vol) তবে দুইটি গ্যাসীয় অণুর আয়তন হইবে দুই আয়তন (2 vol) ; তিনটি গ্যাসীয় অণুর আয়তন হইবে তিন আয়তন (3 vol) ইত্যাদি। সুতরাং গ্যাসীয় বিক্রিয়াগুলি এইভাবে লেখা যায় :

$2H$	+	O_2	→	$2H_2O$
2 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন
(2 vol)		(1 vol)		(2 vol)
H_2	+	Cl_2	→	$2HCl$
1 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন
N_2	+	O	→	$2NO$
1 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন
$3H_2$	+	N_2	→	$2NH_3$
3 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন

4. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of atomic weight with the help of Avogadro's hypothesis)

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় অন্য একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণু যতগুণ ভারী তাহাই সেই মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন। ইহাই পারমাণবিক ওজনের সাধারণ সংজ্ঞা। [বর্তমানে অক্সিজেনের ওজন 16 ধরিয়া সেই তুলনায় অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন্ নির্ণয় করা হয়। তৃতীয় খণ্ডে তাহার আলোচনা করা হইয়াছে।

এই পারমাণবিক ওজনের ব্যাখ্যা অন্যভাবে করা যায়। একটি মৌলিক পদার্থ অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অনেক যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে। এইরূপ বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের অণুতে মৌলিক পদার্থটির পরমাণু একটি, দুইটি, তিনটি বা তার বেশিও থাকিতে পারে। কিন্তু যেহেতু পরমাণুকে খণ্ড করা যায় না, তাই বিভিন্ন যৌগের মধ্যে মৌলিক পদার্থটির **কমপক্ষে একটি পরমাণু** অবশ্যই থাকিবে। যৌগিক পদার্থের মধ্যে মৌলিক পদার্থটির পরমাণুর সংখ্যা কোনক্রমেই একটির কম হইতে পারে না। কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), কার্বন মনক্সাইড (CO), মিথেন (CH_4), ইথেন

(C_2H_2) ইত্যাদি কার্বনের বিভিন্ন যৌগের অণুর মধ্যে কমপক্ষে একটি করিয়া কার্বন অণু অবশ্যই থাকিবে। সুতরাং এই কথাটিকেই ঘুরাইয়া বলা যায় যে **কোন একটি মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন যৌগের ভিন্ন ভিন্ন আণবিক ওজনের মধ্যে সেই মৌলিক পদার্থের যে ন্যূনতম ওজন পাওয়া যায় তাহাই সেই মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন** (atomic weight)।

মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের এই পন্থা 1858 খ্রীষ্টাব্দে প্রথমে উদ্ভাবন করেন অ্যাভোগাড্রোর ছাত্র **ক্যান্নিজারো** (Cannizzaro)।

পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের মূলনীতি (Principle of determination of atomic weight) ঃ কোন মৌলিক পদার্থের ন্যূনতম ওজন বাহির করিয়া উহার পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

(ক) প্রথমত, মৌলিক পদার্থটির কয়েকটি গ্যাসীয় যৌগ সংগ্রহ করা হয়।

(খ) দ্বিতীয়ত, এই যৌগগুলির বাষ্প-ঘনত্ব মাপিয়া তাহাদের আণবিক ওজন নির্ণয় করা হয় [2 × বাষ্প ঘনত্ব (D) = আণবিক ওজন (M)]।

(গ) তৃতীয়ত, বিভিন্ন যৌগ তথা যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজনের মধ্যে **মৌলিক পদার্থটির** আলাদা বা **নিজস্ব ওজন** কত তাহা যৌগগুলি বিশ্লেষণ করিয়া বাহির করা হয় ; এবং

(ঘ) চতুর্থত, এইভাবে বিশ্লেষণের পর বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের মধ্যে মৌলিক পদার্থটির যে **ন্যূনতম ওজন** (**minimum weight**) পাওয়া যায় তাহাই সেই মৌলিক পদার্থের একটি মাত্র পরমাণুর ওজন, তাহা পারমাণবিক ওজন বলিয়া নির্ধারিত করা হয়।

(i) **অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়** (Determination of atomic wt. of oxygen) ঃ অক্সিজেন অনেক গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ গঠন করে। যথা ঃ জল (H_2O), কার্বন মনক্সাইড (CO), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) ইত্যাদি। এই যৌগগুলি বিশ্লেষণে পাওয়া যায় ঃ

অক্সিজেনের যৌগ	বাষ্প-ঘনত্ব	আণবিক ওজন	একটি মাত্র যৌগ অণুতে অক্সিজেনের ওজন
জলীয় বাষ্প	9	18	16
কার্বন মনক্সাইড	14	28	16
কার্বন ডাই-অক্সাইড	12	44	16 × 2
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	16 × 2
সালফার ট্রাই-অক্সাইড	40	80	16 × 3
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	16

অক্সিজেনের এই যৌগগুলির মধ্যে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেন পাওয়া যায়। এই ওজনগুলির মধ্যে **অক্সিজেনের সবচেয়ে কম ওজন** 16 ; সুতরাং এই 16 সংখ্যাকে একটিমাত্র অক্সিজেন পরমাণুর ওজনরূপে গণ্য করিতে হইবে। তাই, অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন হইবে 16.

(ii) **কার্বনের পারমাণবিক ওজন** (At. wt. of carbon) : কার্বন অনেক গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ গঠন করে। তার মধ্যে কার্বন মনক্সাইড (CO), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), মিথেন (CH_4), ইথেন (C_2H_6) উল্লেখযোগ্য। এই যৌগগুলির বাষ্প-ঘনত্ব এবং ইহাদের মধ্যে কার্বনের ওজন নির্ণয় করিলে দেখা যায় :

কার্বনের যৌগ	বাষ্প-ঘনত্ব	আণবিক ওজন	আণবিক ওজনে কার্বনের ওজন
কার্বন মনক্সাইড	14	28	12
কার্বন-ডাই-অক্সাইড	22	44	12
মিথেন	8	16	12
ইথেন	15	30	12 × 2

কার্বনের বিভিন্ন যৌগের মধ্যে কার্বনের **ন্যূনতম ওজন**—12 ; সুতরাং কার্বনের পরিমাণবিক ওজন 12.

(iii) **নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন** (At. wt. of nitrogen) : নাইট্রোজেনের বিভিন্ন গ্যাসীয় যৌগের মধ্যে অ্যামোনিয়া (NH_3), নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড

(NO_2) এবং নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3) কয়েকটি উদাহরণ। এই যৌগগুলির বাষ্প-ঘনত্ব এবং ইহাদের মধ্যে নাইট্রোজেনের ওজন নির্ণয় করিলে দেখা যায়:

নাইট্রোজেনের যৌগ	বাষ্প-ঘনত্ব	আণবিক ওজন	একটি যৌগ অণুতে নাইট্রোজেনের ওজন
অ্যামোনিয়া	8·5	17	14
নাইট্রাস অক্সাইড	22	44	14 × 2
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	14
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	23	46	14
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	38	76	14 × 2

নাইট্রোজেনের এই যৌগগুলির মধ্যে নাইট্রোজেনের **ন্যূনতম ওজন**—14; সুতরাং নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ওজন—14.

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের যে পারমাণবিক ওজন স্থির করা হয় তাহা অন্য পন্থায়ও প্রমাণিত হইয়াছে। কিন্তু এই পন্থায় শুধু সেইরূপ মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব যে পদার্থগুলি একাধিক গ্যাসীয় যৌগ গঠন করিতে পারে। ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থগুলি গ্যাসীয় যৌগ গঠন করিতে পারে না। তাই এই পদ্ধতিতে ধাতুর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব নয়। এই পদ্ধতিটি বহু রকম রাসায়নিক বিশ্লেষণের উপর নির্ভরশীল। পরীক্ষণীয় মৌলের সমস্ত যৌগের সন্ধান জানা না থাকিলে এই পদ্ধতিতে নির্ণীত পারমাণবিক ওজন নির্ভুল না-ও হইতে পারে।

গ্রাম-আণবিক ওজন (Gram molecular weight)

মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন এত নগণ্য যে কোন প্রত্যক্ষ উপায়ে একটিমাত্র পরমাণুর ওজন নেওয়া সম্ভব নয়। পরমাণুর ওজন নির্ণয় করা হয় যে-কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণু হাইড্রোজেনের পরমাণুর তুলনায় কতগুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যা দ্বারা। যখন বলা হয় কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12, নাইট্রোজেনের 14 ও অক্সিজেনের 16 তখন বুঝিতে হইবে যে কার্বন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের এক একটি পরমাণু যথাক্রমে এক

হাইড্রোজেন পরমাণুর 12, 14 ও 16 গুণ ভারী। অর্থাৎ, **মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র।**

কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন সেই পদার্থের অণুর বিভিন্ন পরমাণুর সম্মিলিত পারমাণবিক ওজনের সমান। অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32 ; ইহার অর্থ : $O_2 = O + O = 16 + 16 = 32$; জলের আণবিক ওজন 18 ; ইহার অর্থ : $H_2O = H + H + O = 1 + 1 + 16 = 18$; যেহেতু পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয় হাইড্রোজেনের পরমাণুর তুলনামূলক ওজন দ্বারা এবং যেহেতু আণবিক ওজন সেই অণুর বিভিন্ন পরমাণুর সম্মিলিত পারমাণবিক ওজন মাত্র, **আণবিক ওজনও** তাই মূলার্থে হাইড্রোজেন পরমাণুর **তুলনামূলক ওজন।** যথা : মৌলিক পদার্থ A-এর পারমাণবিক ওজন

$$= \frac{\text{A-এর একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{H-এর একটি পরমাণুর ওজন}}$$

সুতরাং, AB যৌগিক পদার্থটির আণবিক ওজন =

A-এর পারমাণবিক ওজন + B-এর পারমাণবিক ওজন

$$= \frac{\text{1 A-পরমাণুর ওজন}}{\text{1 H-পরমাণুর ওজন}} + \frac{\text{1 B-পরমাণুর ওজন}}{\text{1 H-পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{একটি AB অণুর ওজন}}{\text{একটি H-পরমাণুর ওজন}}$$

অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ; কার্বনের 12 ; এরূপ তুলনামূলক সংখ্যা দ্বারা পরমাণুর আসল ওজন বুঝা যায় না। তেমনি অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32 ও জলের 18 ; এরূপ সংখ্যা দ্বারাও আসল ওজনের কিছুই বুঝা যায় না, শুধু একটি তুলনামূলক সংখ্যা বুঝায়।

গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন (gram-atom or gram-atomic weight) : কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন গ্রাম হিসাব প্রকাশ করা হইলে তাহাকে গ্রাম-পরমাণু এবং গ্রাম-পারমাণবিক ওজন বলা হয়।

গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-মোল (Gram-molecule or Gram-mole or Mole or Gram molecular weight) : কোন মৌলিক অথবা যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা

হইলে তাহাকে গ্রাম-অণু বা গ্রাম-মৌল এবং সেই ওজনকে গ্রাম-আণবিক ওজন বলা হয়।

হাইড্রোজেন পারমাণবিক ওজন 1, অক্সিনের 16, কার্বনের 12; যদি গ্রাম হিসাবে লেখা যায় তবে ইহাদের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে হইবে 1 গ্রাম, 16 গ্রাম ও 12 গ্রাম এবং এরূপ ওজনের পদার্থকে বলা হইবে গ্রাম-পরমাণু। অনুরূপভাবে জলের আণবিক ওজন 18, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন 44, গ্রাম-আণবিক ওজন হিসাবে জলের গ্রাম-আণবিক ওজন 18 গ্রাম এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের 44 গ্রাম। অনুরূপভাবে 18 গ্রাম ওজনের জলকে বলা হইবে এক গ্রাম-অণু জল এবং 44 গ্রাম ওজনের কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বলা হইবে এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড।

গ্রাম-পারমাণবিক ওজন পরমাণুর যথার্থ ওজন নয়। ইহা কোটি কোটি পরমাণুর সম্মিলিত ওজন। হাইড্রোজেনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন 1 গ্রাম। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন = ·000,000,000,000,000,000,00000167 গ্রাম। হাইড্রোজেনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজনকে $6·03 \times 20^{23}$ দ্বারা ভাগ করিলে এই সংখ্যাটি পাওয়া যায়।

যে-কোন যৌগের একটি গ্রাম-অণু বা গ্রাম-মৌলের ওজন $6·03 \times 10^{23}$ অণুর তৌলিক সমষ্টি। সুতরাং কোন যৌগের গ্রাম-আণবিক ওজনকে এই $6·03 \times 10^{23}$ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে ঐ যৌগের একটি অণুর প্রকৃত ওজন পাওয়া যায়। **এই $6·03 \times 10^{23}$ সংখ্যাকে অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা (Avogadro's number) বলে।**

গ্যাসীয় অবস্থায় গ্রাম-অণুর আয়তন
(Volume occupied by a gram molecule or a mole)

যে-কোন মৌল বা যৌগের গ্রাম-আণবিক পরিমাণ তথা **এক 'মোল'** (mole) পরিমাণ পদার্থকে সম-চাপ ও সম-তাপাংকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিলে যত আয়তন গ্যাস তৈরী হইবে তাহা প্রতিটি পদার্থের ক্ষেত্রই সমান। অর্থাৎ, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী **যে-কোন যৌগকে ইহার গ্রাম-আণবিক ওজন পরিমাণে সম-চাপ ও সম-তাপাংকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিলে সর্বক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তন হইবে সমান। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N. T. P.-তে) এক গ্রাম-আণবিক পরিমাণ যে-কোন**

গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার বা 22400 c.c. ; পদার্থ মৌল বা যৌগ যাহাই হউক না কেন এক-গ্রাম অণু-পরিমাণ যে কোন পদার্থকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিলে সব সময়ে একই নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাস পাওয়া যাইবে। যথা :

গ্যাসীয় পদার্থ মৌল বা যৌগ	গ্রাম-আণবিক ওজন	আয়তন N.T.P.-তে
অক্সিজেন (O_2)	16+16=32 গ্রাম	22·4 লিটার
নাইট্রোজেন (N_2)	14+14=28 গ্রাম	22·4 লিটার
জলীয় বাষ্প (H_2O)	2+16=18 গ্রাম	22·4 লিটার
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	12+32=44 গ্রাম	22·4 লিটার

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এক গ্রাম-আণবিক ওজনের গ্যাসের আয়তন যে 22·4 লিটার তাহা সহজেই প্রমাণ বা নির্ণয় করা যায়। যথা :

বাষ্প-ঘনত্বের সূত্র অনুযায়ী প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (N.T.P.) যে-কোন গ্যাসের **বাষ্প-ঘনত্বের** (D) অর্থ :

$$D\ (\text{বাষ্প-ঘনত্ব}) = \frac{1000\ \text{c.c. গ্যাসের ওজন}}{1000\ \text{c.c. হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$= \frac{1\ \text{লিটার গ্যাসের ওজন}}{\cdot 0898\ \text{গ্রাম}}$$ [কারণ, N. T. P.-তে 1000 c.c. হাইড্রোজেনের ওজন = ·0898 গ্রাম।]

সুতরাং N.T.P.-তে 1 লিটার যে-কোন গ্যাসের ওজন

$= \text{সেই গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব } (D) \times \cdot 0898 \text{ গ্রাম}$

$= D \times \cdot 0898 \text{ গ্রাম}$

$= \frac{M}{2} \times \cdot 0898 \text{ গ্রাম}$

[কারণ, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী আণবিক ওজন $(M) = 2 \times$ বাষ্প-ঘনত্ব (D)

অর্থাৎ, $M = 2 \times D$; $\therefore D = \frac{M}{2}$]

উপরের হিসাবটিকে বিপরীতভাবে প্রকাশ করিয়া লেখা যায় যে, $\left(\frac{M}{2} \times \cdot 0898\right)$ গ্রাম পদার্থটিকে গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত করিতে N.T.P-তে ইহার আয়তন হইবে 1 লিটার বা 1000 c.c.

সুতরাং, M গ্রাম পদার্থ হইতে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন N.T.P.-তে হইবে :

$$\frac{1 \times 2}{\cdot 0898} \text{ লিটার} = 22 \cdot 4 \text{ লিটার।}$$

অক্সিজেন একক (16) অনুযায়ী পারমাণবিক গুরুত্ব মাপা হইলে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইবে 1·008. হাইড্রোজেনের এরূপ ওজন অনুযায়ী গ্রাম-অণুর আয়তন (N.T.P.-তে) হইবে :

$$\frac{1 \cdot 008 \times 2}{\cdot 0898} = 22 \cdot 4 \text{ লিটার}$$

সুতরাং N.T.P.-তে গ্রাম-আণবিক ওজনের (M) যে-কোন গ্যাসের আয়তন হইবে 22·4 লিটার বা 22400 c.c.

অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা
(Avogadro's Number)

অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা : যে কোন গ্রাম আণবিক পরিমাণ (gram molecule) **পদার্থে সমসংখ্যক অণু বর্তমান। এই সংখ্যাকে বলা হয় অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা বা নাম্বার।**

সুতরাং এই সংজ্ঞানুযায়ী 32 গ্রাম-অক্সিজেন (গ্রাম-অণু), 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড (গ্রাম-অণু), 18 গ্রাম জল (গ্রাম-অণু) অর্থাৎ যে-কোন গ্রাম-অণু পরিমাণ পদার্থে একই সংখ্যক অণু পাওয়া যাইবে, অর্থাৎ বিভিন্ন পদার্থের গ্রাম-অণুর ওজন বিভিন্ন হইলেও মলিকুল বা অণুর সংখ্যা এক।

এই অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা $(N) = 6 \cdot 03 \times 10^{23}$

$= 603,000,000,000,000,000,000,000$

অর্থাৎ, যে-কোন গ্রাম-অণু পরিমাণ পদার্থে সব সময় অণুর সংখ্যা হইবে $6 \cdot 03 \times 10^{23}$; এবং সংখ্যাটি প্রথম নির্ণয় করেন বিজ্ঞানী **মিলিকান** (Milikan)।

এই সংখ্যা যে কত বিপুল তাহা একটি উদাহরণ দ্বারা বুঝান যাক। এক গ্রাম-অণু বা এক মৌল পরিমাণ জলের ওজন 18 গ্রাম। মনে কর, কোন আশ্চর্য উপায়ে এক গ্রাম-অণু জলের সমস্ত অণুগুলিকে লাল রঙে রঞ্জিত করা সম্ভব হইল। এই 18 গ্রাম জলের সমস্ত লাল বর্ণের অণুগুলিতে পৃথিবীর সমুদ্র-জলে সমানভাবে মিশাইয়া দিয়া পৃথিবীর যে-কোন স্থানের সমুদ্র হইতে যদি এক গ্লাস জল সংগ্রহ করা যায় তাহা হইলে দেখা যাইবে যে প্রতি গ্লাসে লাল বর্ণের জলকণা আছে প্রায় 100টি করিয়া। ইহাতে বুঝা যায় যে এক গ্রাম-অণুতে কত বিপুল সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।

অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যার সাহায্যে যে-কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন নির্ণয় করা হয়। এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের ওজন 2 গ্রাম এবং গ্রাম-পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজন 1 গ্রাম এবং এই 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের মধ্যে আছে $6{\cdot}03 \times 10^{23}$ সংখ্যক হইড্রোজেন পরমাণু :

স্থতরাং একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন হইবে :

$$\frac{1}{6{\cdot}03 \times 10^{23}} = 1{\cdot}66 \times 10^{-23}$$

$$= {\cdot}000,000,000,000,000,000,000,00166 \text{ গ্রাম}$$

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{যে কোন পদার্থের গ্রাম-অণুর ওজন}}{\text{অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা}} = \text{একটি অণুর ওজন}$

এবং $\dfrac{\text{যে-কোন মৌলিক পদার্থের গ্রাম-পরমাণুর ওজন}}{\text{অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা}} = \text{একটি পরমাণুর ওজন}$।

বিভিন্ন পদ্ধতিতে অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা নির্ণয় করিয়া প্রায় একই সংখ্যা পাওয়া গিয়াছে। ইহাতে অণুর অস্তিত্ব নির্ভুলভাবে প্রমাণিত হইয়াছে। কারণ, প্রথম অণুর কল্পনা করিয়াই অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা স্থির করা হইয়াছে। বাস্তব পরীক্ষায়ও এই সংখ্যার নির্ভুলতা প্রমাণিত হইয়াছে।

সূত্র, প্রকল্প ও মতবাদ
(Law, hypothesis & theory)

সূত্র (Law) : যে সমস্ত রাসায়নিক নিয়ম বা নীতি বাস্তব পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায় তাহাকে **সূত্র** বা **ল বলা হয়**। যথা : স্থিরানুপাত, গুণানুপাত ও গ্যাসীয় সংযোগ সূত্র।

প্রকল্প (Hypothesis) : মূলত কল্পনার উপর ভিত্তি করিয়া যখন কোন রাসায়নিক নিয়ম প্রবর্তন করা হয় এবং সেই কল্পনা রাসায়নিক ক্রিয়ার বিশ্লেষণে প্রয়োগ করিয়া যদি কোন অসঙ্গতি না দেখা যায় তবে সেই নিয়মকে **প্রকল্প বা হাইপোথেসিস** বলা হয়। যথা : অ্যাভোগাড্রোর হাইপোথেসিস। হাইপোথেসিস প্রত্যক্ষ পরীক্ষা-সাপেক্ষ নয় অ্যাভোগাড্রোর হাইপোথেসিস বর্তমানে পরোক্ষ প্রমাণ-সাপেক্ষ। তাই ইহাকে বর্তমানে সূত্রও বলা হয়।

মতবাদ (Theory) : যুক্তির উপর ভিত্তি করিয়া যখন কোন রাসায়নিক নীতি বা নিয়ম প্রবর্তন করা হয় এবং প্রত্যক্ষ পরীক্ষায় সেই নিয়ম প্রমাণ করা সম্ভব না হয় তবুও যদি ইহা দ্বারা রাসায়নিক ক্রিয়া-প্রক্রিয়া নির্ভুলভাবে ব্যাখ্যা করা যায় তবে সেই নিয়মকে **মতবাদ বা থিয়োরী** বলা হয়। যথা : ডলটনের পরমাণুবাদ।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পভিত্তিক গণনা

1. হাইড্রোজেন, অ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক ওজন কত ?

হাইড্রোজেন অণু $= H_2 = H + H = 1 + 1 = 2$ গ্রাম ;

অ্যামোনিয়া অণু $= NH_3 = N + 3H = 14 + 3 = 17$ গ্রাম ;

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড $= HCl = H + Cl = 1 + 35{\cdot}45 = 36{\cdot}45$ গ্রাম।

2. প্রমাণ তাপ ও চাপে 100 সি.সি. মিথেন গ্যাসের ওজন কত ?

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা অর্থ 0°C ও 760 mm. pressure.

মিথেন গ্যাসের আণবিক ওজন $= C + 4H = 12 + 4 = 16$

মিথেন গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব $= 8$

N. T. P.-তে 1 লিটার আয়তন পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের ওজন

$= \frac{M}{2} \times {\cdot}09$ গ্রাম $= D \times {\cdot}09$ গ্রাম [কারণ, $\frac{M}{2} = D$]

সুতরাং 1 লিটার বা 1000 c.c. মিথেন গ্যাসের ওজন $= 8 \times {\cdot}09$ গ্রাম

অথবা, 100 c.c. … … … $= \frac{\times {\cdot}09 \times 100}{1000}$

$= {\cdot}072$ গ্রাম।

3. 27° সে. উষ্ণতায় এবং 600 মি. মি. চাপে 300 সি.সি. অক্সিজেনের ওজন কত হইবে ? অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন $= 32$.

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় অর্থাৎ 760 mm. চাপ ও 0°C তাপাংকে 300 c.c. অক্সিজেনের আয়তন হইবে বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র অনুযায়ী :

$$\frac{V \times 760}{0 + 273} = \frac{300 \times 600}{27 + 273}$$

$$\text{সুতরাং } V = \frac{300 \times 600}{300} \times \frac{273}{760} = 215{\cdot}5 \text{ c.c.}$$

N. T. P.-তে 1000 c.c. অক্সিজেনের ওজন $= 16 \times {\cdot}09$ গ্রাম

215·5 c.c. অক্সিজেনের ওজন N.T.P,-তে

$$= \frac{16 \times {\cdot}09 \times 215{\cdot}5}{1000} \text{ গ্রাম} = {\cdot}3103 \text{ গ্রাম।}$$

4. প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 100 সি. সি. কোন গ্যাসের ওজন 0·140 গ্রাম। গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ওজন স্থির কর।

N. T. P.-তে 1000 c.c. যে-কোন গ্যাসের ওজন $=\frac{M}{2}\times{}^{\cdot}09$ গ্রাম

[M = আণবিক ওজন]

সুতরাং 100 c.c. যে-কোন গ্যাসের ওজন $=\frac{M\times{}^{\cdot}09\times100}{2\times1000}$ গ্রাম।

কিন্তু দেওয়া আছে 100 c.c. গ্যাসের ওজন 0·144 গ্রাম

সুতরাং $\frac{M\times0{\cdot}9\times100}{2\times1000}=0{\cdot}144$ গ্রাম

অথবা $M=\frac{{}^{\cdot}144\times2\times1000}{{}^{\cdot}09\times100}=32$ গ্রাম।

5. 500 সি. সি. কোন একটি গ্যাসের ওজন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 0·36 গ্রাম। গ্যাসটির বাষ্প-ঘনত্ব নির্ণয় কর।

N. T. P.-তে 1000 c.c. গ্যাসের ওজন $=D\times{}^{\cdot}09$ গ্রাম

[D = বাষ্প-ঘনত্ব]

সুতরাং 500 c.c. ... $\frac{D\times{}^{\cdot}09\times500}{1000}={}^{\cdot}36$ gm.

$D=\frac{{}^{\cdot}36\times1000}{500\times{}^{\cdot}09}=8$ গ্রাম।

6. 27° সে. 600 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের 1000 সি. সি.-র ওজন ·80 গ্রাম। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব ও গ্রাম-আণবিক ওজন কত হইবে?

0°C ও 760 মি. মি উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসটির আয়তন যদি হয় V c.c. তবে বয়েল ও চার্লস সূত্র অনুযায়ী N.T.P.-তে :

$$\frac{1000\times600}{27+273}=\frac{V\times760}{273}$$

অথবা, $V=\frac{1000\times600\times273}{760\times300}=718{\cdot}4$ c.c.

N.T.P.-তে 1000 c.c. গ্যাসের ওজন $=D\times{}^{\cdot}09$ গাম

$\therefore$ 718·4 c.c. ... ... $=\frac{D\times{}^{\cdot}09\times718{\cdot}4}{1000}$ গ্রাম

কিন্তু পরীক্ষানুযায়ী 718.4 c. c.-এর ওজন = ·80 গ্রাম

$\therefore \quad \frac{D \times \cdot 90 \times 718 \cdot 4}{1000} = \cdot 80$ অথবা, $D = \frac{\cdot 80 \times 1000}{718 \cdot 4 \times \cdot 09} = 12 \cdot 3$

গ্রাম-আণবিক ওজন = 2 × বাষ্প-ঘনত্ব = 2 × 12·3 = 24·6 গ্রাম।

7. 27° সে. উষ্ণতায় ও 700 মি. মি. চাপে 20 গ্রাম গ্যাসের আয়তন কত হইবে? গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব = 15.

গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব = 15 ; সুতরাং আণবিক ওজন = 30 গ্রাম

N. T. P.-তে 30 গ্রাম গ্যাসের আয়তন = 22·4 লিটার।

22·4 লিটারের আয়তন 27°C ও 700 মি. মি. উষ্ণতা ও চাপে যদি হয় V লিটার তাহা হইলে N. T. P.-তে $\frac{22 \cdot 4 \times 760}{273} = \frac{V \times 700}{27 + 273}$

সুতরাং $V = \frac{22 \cdot 4 \times 760 \times 300}{700 \times 273} = 26 \cdot 7$ লিটার।

30 গ্রাম গ্যাসের আয়তন = 26·7 লিটার।

$\therefore$ 20 গ্রাম " " $= \frac{26 \cdot 7}{30} \times 20 = 17 \cdot 8$ লিটার।

প্রশ্ন

1. গ্যাস আয়তনিক সূত্র বিবৃত কর। উদাহরণ দ্বারা সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। 100 সি. সি. হাইড্রোজেন ও 150 সি. সি. ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় কত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক গ্যাস উৎপন্ন হইবে? কতটা পরিমাণ ক্লোরিন উদ্বৃত্ত থাকিবে?

(Ans. 200 সি.সি. HCl ; 50 সি.সি. Cl_2 উদ্বৃত্ত)

[H. S. Exam. 1961, '65, '67]

2. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প বিবৃত কর।

একই উষ্ণতায় ও চাপে এক আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে—এই পরিপ্রেক্ষিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সংকেত নির্ণয় কর, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পারমাণবিক।

প্রমাণ কর যে প্রতিটি গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন ঐ গ্যাসের আপেক্ষিক বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ। [H. S. Exam. 1960, '68]

3. একটি মৌলিক পদার্থের দৃষ্টান্ত উল্লেখ করিয়া অ্যাভোগাড্রোর সূত্রের সাহায্যে উহার পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কি প্রকারে করিতে হয় উহা প্রদর্শন কর। [H. S. Exam. (Comp.) 1963]

4. অ্যাভোগাড্রোর সূত্র বিবৃত কর এবং প্রমাণ কর যে যে-কোন গ্যাসের আণবিক ওজন বা গুরুত্ব সেই গ্যাসের আপেক্ষিক বা বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ।

E-নামক একটি মৌল A এবং B-নামক দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রোজেন যৌগ গঠন করে। উহাদের মধ্যে যথাক্রমে 75 শতাংশ ও 80 শতাংশ E মৌল আছে এবং ঐ যৌগদ্বয়ের বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 8 এবং 15। A যৌগটির প্রতি অণুতে একটি মাত্র E পরমাণু থাকিলে (a) E এর পারমাণবিক ওজন এবং (b) A এবং এবং B-এর ফর্মুলা নির্ণয় কর। [H. S. Exam. 1964]

5. গে-লুসাকের গ্যাস আয়তনিক সূত্র বিবৃত কর।

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের রাসায়নিক সংযোগ ব্যাপারে এই সূত্রের সত্যতা পরীক্ষার সাহায্যে প্রতিপাদন কর। [H. S. (Comp.) 1962, '67]

6. অ্যাভোগাড্রোর সূত্রটি বিবৃত কর।

অক্সিজেনের মাপকাঠিতে কোন পদার্থের অণুর ওজন এবং উহার আণবিক ওজন এই দুইটি বিষয়ের পার্থক্য ব্যাখ্যা কর। অক্সিজেনের (a) গ্রাম-আণবিক ওজন (b) গ্রাম-আণবিক আয়তন বলিলে কি বোঝা যায় লিখ। উহাদিগকে পরিমাণে প্রকাশ কর। [H. S. Exam. 1966]

7. কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন দ্বারা কি বোঝ, উহা ব্যাখ্যা কর। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প প্রয়োগ করিয়া মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের বর্ণনা কর, এবং একটি যথোপযুক্ত উদাহরণ দিয়া উহা ব্যাখ্যা কর। নির্ভুল পারমাণবিক ওজন কি উপায়ে পাওয়া যায়?

[H. S. Exam. (Comp.) 1966]

8. "একই উষ্ণতায় ও চাপে কোন নির্দিষ্ট আয়তনের যে-কোন গ্যাসে একই সংখ্যক অণু বর্তমান।" এই প্রকল্পের প্রয়োগসমূহ বিবৃত কর।

[Engineering Degree Entrance Exam. 1966]

9. তিন আয়তন হাইড্রোজেন এক আয়তন নাইট্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া দুই আয়তন অ্যামোনিয়া গঠন করে। এই স্বীকৃত তথ্য হইতে অ্যামোনিয়া ফর্মুলার আকারে প্রকাশ কর।

22°C উষ্ণতায় এবং 760 মি.মি. চাপে ঐ গ্যাসে (a) গ্রাম-অণুর সংখ্যা এবং (b) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 30·25 মিটারে গ্রাম-সংখ্যা নির্ণয় কর।

[Ans. 1·26 গ্রাম মোল ; 21·4 গ্রাম]

10. অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা বলিতে কি বোঝ ?

একটি গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব 15 ; 27° সে. ও 700 মি.মি. চাপে গ্যাসের ওজন কত হইবে ?

11. 560 সি.সি. একটি গ্যাসের ওজন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 3·10 গ্রাম, উহার আণবিক ওজন বাহির কর। [Ans. 124]

12. প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত লিটার ক্লোরিনের ওজন 46·86 গ্রাম হইবে ? ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন=35·5। [Ans. 14·8 লিটার]

13. প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 123·2 লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাসে (a) কয়টি গ্রাম-অণু ও (b) কত গ্রাম অ্যামোনিয়া আছে নির্ণয় কর।

[Ans. (a) 5·5 গ্রাম-মোল NH_3, (b) 93·5 গ্রাম NH_3]

14. 27° সে. উষ্ণতায় এবং 750 মি. মি. চাপে কোন গ্যাসের এক লিটারের ওজন 1·215 গ্রাম, গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[Ans. 38] (cf. H. S. Exam. 1968)

15. দেওয়া আছে অ্যামোনিয়া গ্যাসের আণবিক ফর্মুলা NH_3 (a) গ্রামের ভাষায় প্রতি লিটারে উহার ঘনত্ব, (b) 15° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে উহার 125 সি. সি. আয়তনের ওজন নির্ণয় কর। (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·09 গ্রাম।)

[Ans. (a) 0·765 গ্রাম লিটার (b) 0·085 গ্রাম NH_3]

16. একটি মৌলিক পদার্থ A-র কতিপয় সংখ্যক যৌগসমূহের বাষ্প-ঘনত্ব যথাক্রমে 8·5, 15, 22 ও 23 এবং ঐ যৌগসমূহে A পদার্থটির শতকরা ভাগ যথাক্রমে 82·3, 46·57, 63·6 ও 60·87। A পদার্থটির আণবিক ওজন বাহির কর। [Ans. 14]

মৌলিক পদার্থ কার্বন

কার্বনের ন্যায় এমন বিচিত্র, বহুরূপী ও ঐশ্বর্যশালী মৌলিক পদার্থ আর একটিও নাই। কার্বন কখনও বহুমূল্য উজ্জ্বল হীরক, আবার সেই কার্বনই রূপান্তরে সামান্য কালো অঙ্গার মাত্র। একই কার্বন কঠিনতম পদার্থরূপে হীরক, আবার সেই কার্বনই অবস্থান্তরে খুব নরম পেন্সিলের উপাদান গ্র্যাফাইট। কোন বিশেষরূপে কার্বন অত্যন্ত সতেজ ও সক্রিয়, পক্ষান্তরে অন্য কোনরূপে সেই কার্বনই অতি নিষ্ক্রিয় ও উদাসীন।

শুধু এই বহুরূপতাই কার্বনের একমাত্র বৈশিষ্ট্য নয়। সমস্ত প্রাণী ও উদ্ভিদ্-জগৎ বাস্তবপক্ষে মৌলিক পদার্থ কার্বনের সাম্রাজ্য। প্রতিটি প্রাণী ও উদ্ভিদ্-দেহের মূল উপাদান বিবিধ কার্বন যৌগ। কার্বনের ন্যায় এত অজস্র ও বিচিত্র যৌগিক পদার্থ আর কোন মৌলিক পদার্থে নাই। কার্বনের যৌগিক পদার্থের সংখ্যা দশ লক্ষের বেশি। কার্বনের যৌগের সংখ্যা এত বিপুল বলিয়া এবং সমস্ত প্রাণী ও উদ্ভিদ্ মূলত কার্বন দ্বারা গঠিত বলিয়া কার্বনের যৌগসমূহ অধ্যয়নের জন্য রসায়নের একটি নূতন ও বিরাট শাখা গড়িয়া উঠিয়াছে, যাহার নাম—**জৈব রসায়ন বা অরগেনিক কেমিস্ট্রি** (Organic Chemistry)।

প্রকৃতিতে কার্বনের অজস্র যৌগ পাওয়া যায়। কয়লা, খনিজ তেল, বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন গ্যাস, কার্বনের অ্যাসিডের লবণ তথা চক, পাথর ইত্যাদির ন্যায় কার্বনেট যৌগ এবং অন্যান্য জৈব যৌগ ও উদ্ভিদ্ মিলিয়া ভূ-পৃষ্ঠের শতকরা প্রায় 0·35 পদার্থ কার্বন দ্বারা গঠিত। মোট পরিমাণে কম হইলেও বৈচিত্র্য ও অজস্রতায় কার্বন যৌগের সংখ্যা অগণিত। কার্বনের প্রতীক—C, পারমাণবিক ওজন 12 এবং যোজ্যতা 4.

কার্বনের বহুরূপতা ও রূপভেদ

(Allotropy and allotropic forms of carbon)

কোন কোন মৌলিক পদার্থের মধ্যে বহুরূপীর স্বভাব দেখা যায়। একই মৌলিক পদার্থ নানারূপ এবং অনেকাংশে পৃথক্ ধর্মে আত্মপ্রকাশ করে। কার্বন সেইরূপ একটি মৌলিক পদার্থ।

কার্বনের রূপভেদ (Allotropy of carbon) : মৌলিক পদার্থ কার্বনকে পাওয়া যায় আটটি বিভিন্নরূপে। কিন্তু মূলত ইহারা আকারে দুই রকম—**স্ফটিকাকার ও অনিয়তাকার**।

স্ফটিকাকার (Crystalline)	**অনিয়তাকার** (Amorphous)
1. হীরক বা ডায়মণ্ড (diamond)	1. উদ্ভিজ্জ বা কাঠ অঙ্গার বা চারকোল (wood charcoal)
2. গ্র্যাফাইট (graphite)	2. প্রাণীজ অঙ্গার (animal charcoal)
	3. সুগার চারকোল বা কার্বন (sugar charcoal or carbon)
	4. প্রদীপকালী বা ভূসা কয়লা (lamp black)
	5. কোক (coke)
	6. গ্যাস কার্বন (gas cardon)

এরূপ সব কয়টি রূপভেদ মূলত কার্বন। কিন্তু ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মে ইহাদের পরস্পরের মধ্যে কিছু কিছু পার্থক্য বর্তমান।

কার্বনের স্ফটিকাকার রূপভেদ (Crystalline allotrope)

1. **হীরক** বা **ডায়মণ্ড** (Diamond) : হীরক পাওয়া যায় দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রেজিল, রাশিয়ার ইউরাল পর্বতমালা এবং ভারতের গোলকুণ্ডা ও পান্নায়। পৃথিবীর অধিকাংশ হীরকের ভাণ্ডার দক্ষিণ আফ্রিকা। মোগল সম্রাটের কোহিনূর হীরকের খ্যাতি এক সময় সবচেয়ে বেশি ছিল। এই হীরকটি এখন বৃটেনের রাজমুকুটের শোভা বর্ধন করে।

কৃত্রিম হীরক (Artificial diamond) : ফরাসী বিজ্ঞানী **ময়সান** 1893 খ্রীষ্টাব্দে কৃত্রিম উপায়ে হীরক তৈরী করিতে সক্ষম হন। লোহার (আয়রন—Fe) সঙ্গে চিনির অঙ্গার (sugar charcoal) মিশাইয়া তিনি বিদ্যুৎ চুল্লীতে (electric furnace) প্রায় 3000°C তাপংকে মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করেন এবং এই বিগলিত মিশ্রণকে আকস্মিক ভাবে তপ্ত ও তরল সীসা তথা লেডের মধ্যে ডুবাইয়া দিয়া ঠাণ্ডা করেন। এই মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইলে চিনির অঙ্গার (C) অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরক কণায় (C) পরিণত হয়। এই হীরক কণা ও লোহার মিশ্রণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ফুটাইয়া হীরক বিচ্ছিন্ন করা হয়।*

* বর্তমানে বিজ্ঞানীরা কৃত্রিম হীরক প্রস্তুতি সম্বন্ধে একমত নহেন।

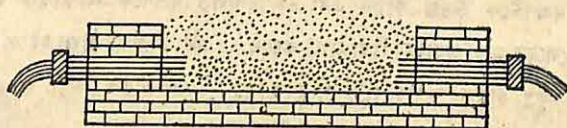
হীরকের ধর্ম (Properties of diamond) : হীরক দুই রকমের—একরকম হীরক উজ্জ্বল, স্বচ্ছ ও বর্ণহীন কার্বন, ইহার প্রতিসরাংক (refractive index)—2·42 ; অপর রকম হীরক কালো, অস্বচ্ছ ও অনুজ্জ্বল। ইহা অষ্টভুজ স্ফটিক। এক্স-রের (X-ray) সামনে কৃত্রিক হীরক অস্বচ্ছ কিন্তু স্বাভাবিক হীরক স্বচ্ছ। তাই একস্-রে সম্পাতিত করিয়া কাচ ও কৃত্রিম হীরক তথা প্রাকৃতিক হীরকের পার্থক্য ধরা যায়।

(i) পৃথিবীর সমস্ত পদার্থের মধ্যে হীরক কঠিনতম পদার্থ। তাই যে-কোন পদার্থকে হীরক দ্বারা কাটা যায়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·52, (ii) হীরক অত্যন্ত নিষ্ক্রিয় (inactive) পদার্থ। কোন রকম রাসায়নিক তরলে হীরক দ্রবীভূত হয় না। অ্যাসিড বা ক্ষারের সংস্পর্শে হীরক অবিকৃত থাকে।

(iii) হীরক তাপ বা বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিবহণ করিতে অক্ষম। (iv) কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে অতি উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে হীরক জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। যথা : $C+O_2=CO_2$

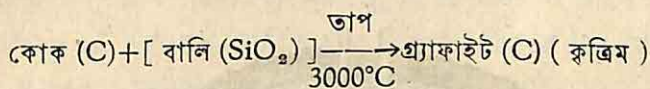
হীরকের ব্যবহার (Uses of diamond) : কালো হীরকের নাম **কারবোনেডো**। কালো হীরক ব্যবহার করা হয় পাথর ও উজ্জ্বল হীরক কাটা এবং মসৃণ করার জন্য। হীরক সাধারণত কাচ, রত্ন পাথর ও অন্যান্য কঠিন পদার্থ কাটা ও মসৃণ করার জন্য ব্যবহার করা হয়। কিন্তু উজ্জ্বল ও স্বচ্ছ হীরকের প্রধান মূল্য রত্নপাথররূপে।

2. **গ্র্যাফাইট** (Graphite) : গ্র্যাফাইট অর্থ—'লিখন'। গ্র্যাফাইট দ্বারা লেখা যায়। তাই কাঠ-পেন্সিলের সীসরূপে গ্র্যাফাইট ব্যবহার করা হয়। সাধারণত যাকে লেডপেন্সিল বলা হয় তাহা সীসার পেন্সিল নয়,—ইহা গ্র্যাফাইট-সীসের পেন্সিল। সিংহল, সাইবেরিয়া, ক্যালিফোর্নিয়া ও ইতালীতে গ্র্যাফাইট পাওয়া যায়।

কৃত্রিম গ্র্যাফাইট (Artificial graphite) : উচ্চতাপে বিশুদ্ধ কার্বন কয়লা তথা অ্যানথ্রেসাইট কয়লা (C) বা কোককে (C) গ্র্যাফাইটে রূপান্তরিত

গ্র্যাফাইট তৈরীর বৈদ্যুতিক চুল্লী

করা যায়। অ্যানথ্রেসাইট কয়লায় প্রায় 94 ভাগ কার্বন বর্তমান। বালির

সঙ্গে অ্যানথ্রেসাইট কয়লা অথবা কোক বা কাঠ-কয়লা মিশাইয়া 3000°C তাপাংকে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 25 হইতে 30 ঘণ্টাব্যাপী উত্তপ্ত করিলে কোক বা অঙ্গার গ্র্যাফাইটে পরিণত হয়।

$$\text{কোক (C)} + [\text{ বালি } (SiO_2)] \xrightarrow[3000°C]{\text{তাপ}} \text{গ্র্যাফাইট (C) (কৃত্রিম)}$$

প্রথমে বালি ও কার্বন সিলিকন কারবাইড (SiC) গঠন করে। এই সিলিকন কারবাইড উচ্চ তাপাংকে ভাঙ্গিয়া সিলিকন ও গ্র্যাফাইট-কার্বনে পরিণত হয়। সিলিকন উচ্চতাপে গ্যাসরূপে উবিয়া যায় এবং অবশিষ্ট থাকে কঠিন গ্র্যাফাইট। যথা: $SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$; $SiC = Si + C$

কৃত্রিম গ্র্যাফাইটের দাম প্রাকৃতিক গ্র্যাফাইটের চেয়ে কম নয়। অ্যামেরিকায় বিদ্যুৎ সস্তা বলিয়া অল্প খরচে সেখানে কৃত্রিম গ্র্যাফাইট তৈরী করা সম্ভব। গ্র্যাফাইটের ওজন হীরকের চেয়ে কম এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·52 ; হীরক অষ্টভুজ ক্রিস্ট্যাল কিন্তু গ্র্যাফাইট ষড়ভুজ ক্রিস্ট্যাল।

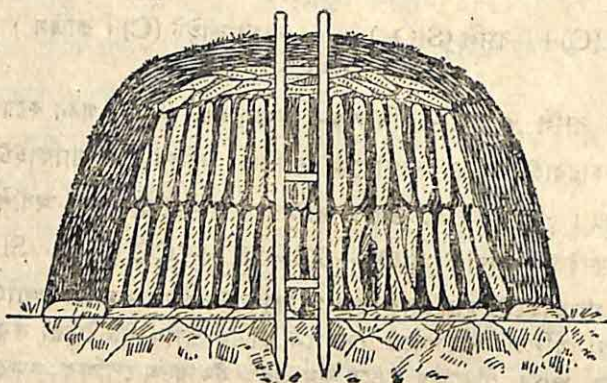
গ্র্যাফাইটের ধর্ম : (i) গ্র্যাফাইট দেখিতে গাঢ় ধূসর ও চক্‌চকে এবং ক্রিস্ট্যাল আকার। স্পর্শে গ্র্যাফাইট নরম ও পিচ্ছিল। (ii) গ্র্যাফাইটের তাপ ও বিদ্যুৎ বহনের ক্ষমতা আছে। (iii) গ্র্যাফাইট নিষ্ক্রিয় পদার্থ কিন্তু হীরকের ন্যায় তেমন নিষ্ক্রিয় নয়। হীরকের উপরে না হইলেও গ্র্যাফাইটের উপর নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের এবং ক্ষারের বিক্রিয়া ঘটে। (iv) অক্‌সিজেনের মধ্যে 700°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে গ্র্যাফাইট কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। যথা: $C + O_2 = CO_2$

গ্র্যাফাইট ক্লোরিনের সঙ্গে 500°C তাপাংকে কার্বন টেট্রাফ্লুরাইড (CF_4) গঠন করে।

গ্র্যাফাইটের ব্যবহার (Uses of graphaite) : গ্র্যাফাইট দ্বারা কাগজে দাগ পড়ে বলিয়া পেন্‌সিলের সীসরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়। (ii) উচ্চ তাপবাহী মুচি, বৈদ্যুতিক চুল্লী তৈরী করা ও বিদ্যুৎ পরিবহণের জন্য, (iii) ইলেক্‌ট্রোটাইপ তৈরীর কাজে. (iv) পারমাণবিক শক্তি উৎপাদনের কাজে রি-অ্যাকটার বা চুল্লীতে গ্র্যাফাইট ব্যবহার করা হয়, (v) লুব্রিকেটিং তেল তৈয়ী করার জন্য এবং (vi) শুষ্ক ব্যাটোরীর জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়।

কার্বনের অনিয়তাকার রূপভেদ (Amorphous allotropes)

1. **সাধারণ** বা **উদ্ভিজ্জ অঙ্গার** বা **উড্ চারকোল** (Wood charcoal) : সাধারণ অঙ্গারের মধ্যে কয়লা, কাঠ, চিনি ও নারিকেল-মালার

অঙ্গারই প্রধান। কাঠ, চিনি বা নারিকেল-মালা জৈব পদার্থ। কাঠের মধ্যে আছে প্রায় 50 ভাগ কার্বন। বায়ুহীন পাত্রে আবদ্ধ করিয়া কাঠ উত্তপ্ত করিলে অর্থাৎ কাঠের অন্তর্ধূম পাতনের (destructive distillation) ফলে কাঠ

উদ্ভিজ্জ অঙ্গার বা উড্ চারকোল প্রস্তুতি

হইতে—(ক) দহনশীল গ্যাস (combustible gases), (খ) আলকাতরা, (গ) কাঠ স্পিরিট (wood spirit) ও অন্যান্য বহু মূল্যবান জৈব পদার্থ (organic compounds) নির্গত হয় এবং (ঘ) অবশেষরূপে (residue) পাত্রে পড়িয়া থাকে কাঠ-কয়লা বা অঙ্গার (wood charcoal)। আগের দিনে স্তূপীকৃত কাঠের চারিদিকে মাটি লেপিয়া দিয়া ভাটি তৈরী করা হইত এবং ভাটির তলা হইতে আগুন জ্বালাইয়া দেওয়া হইত। কিন্তু এইভাবে উত্তপ্ত করিলে কাঠের মূল্যবান গ্যাস ও অন্যান্য জৈব পদার্থ নষ্ট হইয়া যায়। এখন বায়ুবদ্ধ (closed) লোহার পাত্রে উত্তপ্ত করিয়া কাঠকে অঙ্গারে পরিণত করা হয় এবং কাঠ-পাতনে প্রাপ্ত গ্যাস হইতে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ সংগ্রহ করা হয়। [তৃতীয় খণ্ডে জ্বালানী অধ্যায়ে বিস্তৃত আলোচনা দ্রষ্টব্য]। বায়ুবদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন পন্থায় নারিকেল মালা হইতে উৎকৃষ্ট উদ্ভিজ্জ চারকোল তৈরী করা যায়।

2. **প্রাণিজ অঙ্গার বা অ্যানিমেল চারকোল** (Animal charcoal) ঃ জীবদেহের **হাড় ও রক্তে** কার্বন আছে। তাই হাড় বায়ুবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে অর্থাৎ হাড়ের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে হাড়ের অন্যান্য জৈব পদার্থ বাষ্পরূপে নির্গত হইয়া যায় এবং হাড়ের ক্যালসিয়াম ফসফেটের উপর রন্ধ্র-বহুল অঙ্গার (porous charcoal) জমিয়া থাকে। (ii) বায়ুবদ্ধ পাত্রে রক্ত উত্তপ্ত করিয়া অর্থাৎ অন্তর্ধূম পদ্ধতিতে পাতিত করিয়া প্রাণিজ অঙ্গার তৈরী করা হয়।

3. **সুগার চারকোল** (Sugar charcoal) **বা বিশুদ্ধ চারকোল** (pure charcoal) : (i) আখের চিনির (cane sugar) ঘন দ্রবণের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলে অ্যাসিড চিনির জলীয় অংশ শোষণ করে এবং এরূপ বিশোষণ ক্রিয়ার ফলে শুধু চিনির অঙ্গার বা চারকোল অবশিষ্ট থাকে। এই চারকোল পাতিত জলে বিধৌত করিয়া ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে শুষ্ক করা হয়। ক্লোরিন গ্যাস চিনির অঙ্গারের অবশিষ্ট হাইড্রোজেন অপসারিত করে।

(ii) গ্র্যাফাইটে তৈরী আবদ্ধ মূচি বা ক্রুসিবলের মধ্যে বিশুদ্ধ চিনি উত্তপ্ত করিলে গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাস নির্গমনের পরে একটি গ্র্যাফাইট টিউবের মধ্যে এই পোড়া চিনি রাখিয়া তাহার মধ্যে ক্লোরিন চালান করা হয়। ইহার পরে চিনির অঙ্গার জলে বিধৌত করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে শুষ্ক করা হয়।

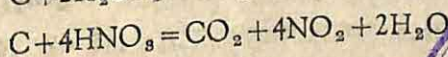
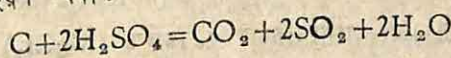
উল্লিখিত দুই প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত চিনির অঙ্গার **বিশুদ্ধ কার্বন** (pure carbon)।

অঙ্গারের ধর্ম (Properties of charcoal) : (i) **তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী** (non-conductor)। সাধারণ বা জৈব অঙ্গার কোনটিই ভালভাবে তাপ ও বিদ্যুৎ বহন করিতে পারে না।

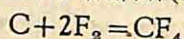
(ii) **রন্ধ্র গঠন** (Porous form) : চারকোল বা অঙ্গারের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4—1·9 ; কিন্তু অঙ্গারের গঠন রন্ধ্রবহুল বলিয়া অঙ্গারের ছিদ্রগুলিতে বায়ু-ভরা থাকে। তাই, জলের চেয়ে ভারী হওয়া সত্বেও অঙ্গার জলে ভাসে। অঙ্গার জলে অদ্রবণীয়।

(ii) **ক্ষার ও অ্যাসিডের বিক্রিয়া** (Action of alkali and acid) : অঙ্গারের সঙ্গে ক্ষারের কোন বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু অ্যাসিডের সম্পর্কে অঙ্গারের ধর্ম হীরক ও গ্র্যাফাইটের চেয়ে আলাদা। তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অঙ্গার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। যথা :

$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$$

$$C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$$

(iv) **কার্বনের জারণ** (Oxidation of carbon) : অঙ্গার 400°C তাপাংকে অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

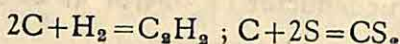
কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) গঠনের জন্য গ্র্যাফাইটের 700°C এবং হীরকের 800°C তাপাংক প্রয়োজন। ফ্লোরিন গ্যাসের মধ্যে উত্তপ্ত অঙ্গার আপনি জ্বলিয়া উঠে এবং কার্বন টেট্রাফ্লোরাইড (CF_4) গঠন করে। যথা :

$$C+2F_2=CF_4$$

বিজারণ ক্ষমতা (Reducing property) : অঙ্গার একটি অত্যন্ত ক্ষমতাশালী বিজারক পদার্থ (reducing agent)। ধাতুর অক্সাইডের (PbO, Fe_2O_3, ZnO ইত্যাদি) সঙ্গে অঙ্গার মিশাইয়া উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে অঙ্গার ধাতুর অক্সাইডের অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া কার্বন মনক্সাইড গ্যাস গঠন করে এবং ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। যথা :

$$ZnO + C = Zn + CO\uparrow$$

জিংক অক্সাইড   অঙ্গার   জিংক   কার্বন মনকসাইড

(vi) **কার্বনের যৌগ গঠন** : অঙ্গার উচ্চ চাপে ও তাপে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিটিলিন গ্যাস (C_2H_2) এবং সালফার বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-সালফাইড গঠন করে। যথা :

$$2C+H_2=C_2H_2\ ;\ C+2S=CS_2$$

(vii) **বিশোষক** (Absorbent) : অঙ্গার নিজের ঝাঁঝরা কাঠামোর ছিদ্রের মধ্যে গ্যাস ও তরল শুষিয়া (absorb) লইতে পারে। অঙ্গার তাই কোন তরলের মধ্যে মিশ্রিত অবাঞ্ছিত রঙ, ময়লা, এবং দুর্গন্ধ ও স্বাদ নষ্ট করিতে পারে। সেইজন্য একদিকে গ্যাস শোষণ করার জন্য এবং অপর দিকে ময়লা ও দুর্গন্ধ এবং বিস্বাদ নষ্ট করিবার জন্য শোষকরূপে অঙ্গার ব্যবহার করা হয়।

(viii) **সক্রিয় চারকোল** (Activated charcoal) : বায়ুহীন পরিবেশ অর্থাৎ আবদ্ধ পাত্রে নারিকেল-মালা অন্তর্ধূম পন্থায় পাতিত করিলে যে চারকোল পাওয়া যায় তাহা সক্রিয় বলিয়া ইহার বিশোষণ ক্ষমতা বেশী। জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$) বা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$) মাখাইয়া নারিকেল-মালা বা কাঠকে অঙ্গারে পরিণত করিলে সেই অঙ্গারের সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়। বায়ুপ্রবাহের মধ্যে 850°C—900°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলেও চারকোলকে সক্রিয় করা যায়।

পরীক্ষা (i) **গ্যাস শোষণ** (Gas absorption) : একটি গ্যাসজার অ্যামোনিয়া গ্যাস দিয়া পূর্ণ কর। গ্যাসভরা জারটি উপুড় করিয়া একটি পারদভরা পাত্রের উপর বসাইয়া দাও। এখন এক টুকরা সক্রিয় অঙ্গার গ্যাস-জারের মধ্যে ঢুকাইয়া দাও। দেখিবে অঙ্গারের টুকরাটি সমস্ত অ্যামোনিয়া শোষণ করিবে এবং সারা জারটি পারদে ভরিয়া যাইবে। 1 c.c. অঙ্গার প্রায় 180 c.c. অ্যামোনিয়া শোষণ করিতে পারে। অঙ্গার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) গ্যাস, সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি সব রকম গ্যাসও শোষণ করিতে পারে।

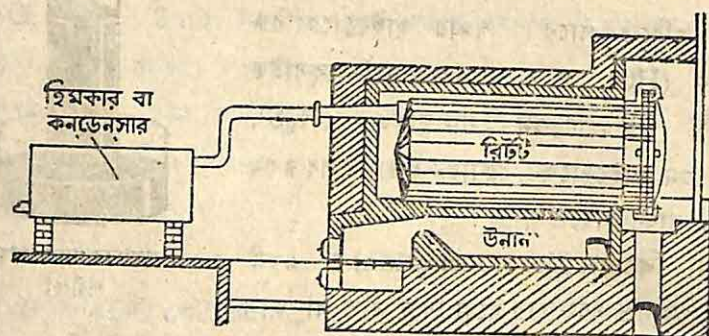
অঙ্গারের গ্যাস শোষণ পরীক্ষা

(ii) **বিরঞ্জন** (decolourisation) : একটি ফ্লাস্কে জল লও এবং তার মধ্যে কিছু নীল বা লাল লিটমাস মিশাও এবং ফ্লাস্কের লাল বা নীল জলের মধ্যে কিছু সক্রিয় অঙ্গার চূর্ণ ফেলিয়া দাও। ফ্লাস্কটি বেশ করিয়া ঝাঁকাও। দেখিবে, ফ্লাস্কের জল বর্ণহীন স্বচ্ছ হইয়া গিয়াছে।

(ii) **স্বাদ অপসারণ** (De-odorization) : একটি ফ্লাস্কে কিছু জল লও এবং তার মধ্যে কুইনিন মিশাও ; কুইনিন-জলে কিছু অঙ্গার চূর্ণ ফেলিয়া ফ্লাস্কটি ঝাঁকাও। দেখিবে, জলে আর কুইনিনের তিক্ত স্বাদ নাই।

অঙ্গারের ব্যবহার (Uses of charcoal) : (i) বারুদের উপাদানরূপে, (ii) জল ছাকিবার ফিলটাররূপে, (iii) জীবাণু নাশক পদার্থরূপে, (iv) গ্যাস মুখোসে শোষকের উপাদান হিসাবে, (v) তরল পদার্থের অবাঞ্ছনীয় কলুষ, গন্ধ বা স্বাদ অপসারকরূপে এবং (vi) জালানীরূপে ও (viii) ধাতু নিষ্কাশন বিজারক পদার্থরূপে, এবং (viii) আইভরি ব্ল্যাক নামে কালো রং প্রস্তুতিতে অঙ্গার বা চারকোল প্রধানত ব্যবহৃত হয়।

4. **প্রদীপ-কালি** (Lamp black) : হারিকেনে বা তেলের প্রদীপে বায়ুর অভাব ঘটিলে কালি পড়ে এবং রান্নাঘরের উনানের উপরে এরূপ ভূসা ও কালি ঝুল জমা হয়। কাজলও ভূসা কালি। কাঠ-কয়লা পোড়াইবার সময়ে পর্যাপ্ত বায়ুর অভাবে ভূসা তৈরী হয়। এই প্রদীপ-কালি বা ভূসা ব্যবহার করা হয় প্রধানত ছাপার কালি তৈরী করার জন্য।

5. **কোক** (Coke) : বায়ুবদ্ধ পাত্রে কয়লা উত্তপ্ত অর্থাৎ অন্তর্ধূম পদ্ধতিতে পাতিত করিলে অপেক্ষাকৃত হাল্কা যে কালো কঠিন পদার্থটি অবশিষ্ট থাকে তাহাই কোক। কয়লা একটি জৈব পদার্থ। অ্যানথ্রেসাইট কয়লায় আছে প্রায় 96% কার্বন এবং সাধারণ ব্যবহার্য কয়লায় প্রায় 85% কার্বন। বায়ুবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে কাঠের ন্যায় কয়লা হইতেও—(i) জ্বালানী গ্যাস (fuel gas), (ii) অ্যামোনিয়া ও অন্যান্য জৈবিক তরল পদার্থ এবং (iii) আল্‌কাতরা

এরূপ বায়ুবদ্ধ রিটর্টে কয়লা বা কাঠ উত্তপ্ত করিলে কোক বা অঙ্গার তৈরী করা হয়
এবং জৈব পদার্থও সংগ্রহ করা হয়

(tar) পাওয়া যায়। গ্যাস ও তরল পদার্থ নির্গত হওয়ার পরে পাত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে কোক-কার্বন।

ব্যবহার : বাড়ীর রান্নার কাজে এবং ধাতু নিষ্কাশনের জন্য প্রচুর পরিমাণে কোক ব্যবহার করা হয়। কয়লার খনি এলাকায় কোক তৈরী করার ব্যবস্থা থাকে।

6. **গ্যাস কার্বন** (Gas carbon) : যে বায়ুবদ্ধ পাত্রে কয়লা পাতিত করিয়া কোক তৈরী করা হয় সেই পাত্রের উপর দিকে কার্বনের আস্তরণ জমিয়া ওঠে। এই কার্বনকে গ্যাস কার্বন বলা হয়। ইহা প্রায় বিশুদ্ধ কার্বন। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·55, ইহা কঠিন পদার্থ এবং তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম। ইহা ইলেকট্রিক ব্যাটারী, পেন্‌সিল ও আর্ক-লাইট তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

কার্বনের বহুরূপতার প্রমাণ

(Proof of allotropic forms of carbon)

হীরা, গ্র্যাফাইট অথবা যে-কোন রূপের কার্বন লইয়া উহাকে বিশুদ্ধ অক্সিজেনের মধ্যে দহন করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যদি

এরূপ দহনে উক্ত কার্বনের ওজন 12 গ্রাম কমে, তাহা হইলে দেখা যাইবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন 44 গ্রাম হইবে।

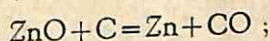
কার্বনের সাধারণ ধর্ম (Common properties of carbon): (i) কার্বনের প্রতিটি রূপভেদ অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) গঠন করে। (ii) উচ্চতাপে কার্বন সালফারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) গঠন করে। যথা: $C+2S=CS_2$ (iii) উচ্চতাপে ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিলিয়াম, লোহা ইত্যাদির সঙ্গে কার্বাইড নামের ধাতব যৌগ (Al_4C_3, CaC_2 Fe_2C) এবং হাইড্রোজেনের সঙ্গে অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) যৌগ গঠন করে। যথা: $2C+H_2=C_2H_2$ (iv) অগ্নিতপ্ত (white hot) কার্বন জলীয় বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও কার্বন মনক্সাইড গঠন করে। এই গ্যাসদ্বয়ের মিশ্রণকে উদক-গ্যাস বা ওয়াটার গ্যাস (water gas) বলা হয়। যথা: $C+H_2O=H_2+CO$; হাইড্রোজেন এবং কার্বন মনক্সাইড উভয়েই দহনশীল গ্যাস বলিয়া ওয়াটার গ্যাসকে **জ্বালানী গ্যাস** (fuel gas)-রূপে ব্যবহার করা যায়। (v) ইহা জল, ক্ষার বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না। কার্বনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়া নাই। কার্বন ফ্লোরিন গ্যাসে জলিয়া ওঠে এবং কার্বন টেট্রাফ্লুরাইড গঠন করে। $C+2F_2=CF_4$

(vi) ঘন ও উত্তপ্ত নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড কর্তৃক কার্বন জারিত হয়। যথা: $C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$;

$$C+2H_2SO_4=CO_2+2SO_2+2H_2O$$

(vii) উচ্চতাপে ইহা ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করে। যথা:

$ZnO+C=Zn+CO$;

$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$ $\quad$ $CuO+C=Cu+CO$

সনাক্তকরণ পরীক্ষা (Test): যে-কোন কার্বনকে বাতাসে উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। ঐ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চুনজলকে ঘোলা করিয়া দেয়।

কার্বনের যৌগ (Compounds of carbon)

কার্বন বিভিন্ন ধরনের যৌগ গঠন করে। তাহাদের মধ্যে জৈব যৌগের সংখ্যা দশ লক্ষেরও বেশী। অজৈব যৌগের মধ্যে—

1. অক্সাইড : (i) কার্বন মনক্সাইড $-CO$ (ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড $-CO_2$

2. হাইড্রোকার্বন : অ্যাসিটিলিন $-CH_2$, মিথেন $-CH_4$, ইত্যাদি বহু সংখ্যক হাইড্রোকার্বন গঠন।

3. সালফাইড : কার্বন ডাই-সালফাইড—CS_2

4. কারবাইড : ক্যালসিয়াম, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর কার্বাইড (CaC_2)।

5. নাইট্রাইড : সাইনোজেন—$(CN)_2$

6. কার্বনেট : ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর কার্বনেট ($CaCO_3$; $MgCO_3$, $FeCO_3$ ইত্যাদি)।

প্রশ্ন

1. বহুরূপতা কি? কার্বনের চারিটি রূপভেদের উল্লেখ কর এবং (a) অঙ্গার ও (b) কোল বা খনিজ কয়লার—প্রত্যেকটির দুই প্রকার ব্যবহারের উল্লেখ কর। [H. S. Exam. 1964]

2. কি প্রকারে সুগার ও উদ্ভিজ্জ অঙ্গার তৈরী করিবে? সক্রিয় অঙ্গার কি? অঙ্গারের প্রধান ব্যবহার কি কি?

3. বিশুদ্ধ অঙ্গার কাহাকে বলে? কি প্রকারে ইহা তৈরী করিবে? অঙ্গারের ধর্ম বিবৃত কর।

১১

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনক্সাইড

কার্বন ডাই-অক্সাইড

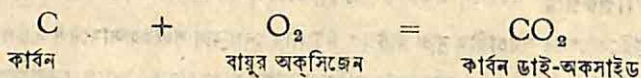
পরিচয় ঃ যবদ্বীপে একটি উপত্যকা আছে যার নাম—'মরণ উপত্যকা'। এই উপত্যকার পথে হাঁটিতে গেলে পথচারীর মৃত্যু ঘটে। ইটালীর নেপ্‌লস্ শহরের সামনেও এরূপ একটি 'মারণ খাদ' আছে। অনেক সময় শুষ্ক কুয়ায় নামিলে মানুষ মারা যায়। আগে এরূপ মৃত্যুর কারণ ছিল এক চরম রহস্য ও বিভীষিকার বস্তু। এখন একথা সহজেই বলা যায় যে এরূপ মৃত্যুর কারণ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুর চেয়ে ভারী। তাই, বায়ুর মধ্যে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে তাহা অনেক দিনের পুরাতন ও নীচু খাদে তলাইয়া পড়ে এবং একস্থানে জমিয়া থাকে। অনেক সময় মাটির ফাটল দিয়াও ভূগর্ভ হইতে নির্গত হইয়া এরূপ খাদের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড সঞ্চিত হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়া সম্ভব নয় বলিয়া এই গ্যাসের মধ্যে নিমজ্জিত হইলে জীবজন্তুর মৃত্যু ঘটে।

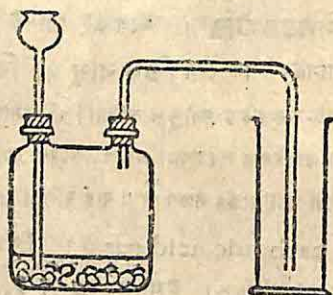
কাঠ ও অন্যান্য জৈব পদার্থ পোড়াইয়া 1630 খ্রীষ্টাব্দে এই গ্যাসটি প্রথম আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী **ভন হেলমণ্ট** (Von Helmont)। তিনি গ্যাসটির নাম দেন **'গ্যাস সিলভেস্টার'**। জলে এই গ্যাসটি দ্রবীভূত হয় বলিয়া **বিজ্ঞানী ব্ল্যাক** (Black) গ্যাসটির নাম দেন **স্থির বায়ু বা ফিক্সড্ এয়ার** (fixed air) এবং জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়া তিনি সোডা ওয়াটার তৈরী করার উপায় উদ্ভাবন করেন। বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার সর্বপ্রথম প্রমাণ করেন যে, এই গ্যাসটি কার্বনের একটি অক্সাইড। এই গ্যাসটির মধ্যে অ্যাসিডের লক্ষণ দেখা যায় বলিয়া তিনি উহার নাম দেন—**কার্বনিক অ্যাসিড গ্যাস** (carbonic acid gas)। কিন্তু এই গ্যাসটি সাধারণত **কার্বন ডাই-অক্সাইড** নামেই পরিচিত। ইহার ফর্মুলা— CO_2, আণবিক ওজন $= 12+32=44$, বাষ্প-ঘনত্ব $=22$.

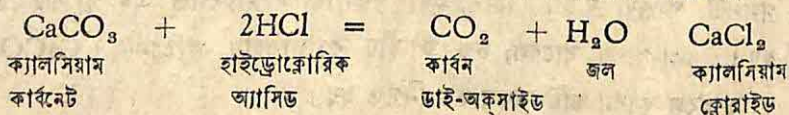
প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources) ঃ বায়ুতে প্রচুর পরিমাণে মুক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্তমান। আয়তন হিসাবে বায়ুর 10,000 ভাগের মধ্যে তিনভাগ থাকে কার্বন ডাই-অক্সাইড। জীবজন্তু নিঃশ্বাসের সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। অনেক খনিজ-জলে দ্রবীভূত অবস্থায় এই গ্যাসটি পাওয়া যায়। চিনি, সুরা ইত্যাদি গাজাইলেও এই গ্যাসটি তৈরী হয়। চুনা-পাথর, মার্বেল, চক জাতীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) পোড়াইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি
(Preparation of carbon dioxide)

সাধারণ পদ্ধতি (General process) ঃ কাঠ, কয়লা, তেল, পেট্রল, মোম, খড়, পাটকাঠি, গাছ-পাতা, কাগজ ইত্যাদি যে-কোন জৈব (organic) বা উদ্ভিজ্জাত পদার্থ পোড়াইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়। কারণ, প্রতিটি জৈব ও উদ্ভিদ্-দেহের প্রধান উপাদান কার্বন। বিক্রিয়াটি ঘটে এই ভাবে :

C	+	O_2	=	CO_2
কার্বন		বায়ুর অক্সিজেন		কার্বন ডাই-অক্সাইড

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) ঃ চুনা-পাথর, মার্বেল, চক (lime stone, marble, chalk) ইত্যাদি পদার্থগুলি কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ক্যালসিয়াম অক্সাইডের যৌগিক পদার্থ এবং মূলত ইহারা **ক্যালসিয়াম কর্বনেট** ($CaCO_3$) তথা কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) লবণ। তাই মার্বেল-পাথর, চুনা-পাথর বা চকের সঙ্গে যে কোন অজৈব (inorganic) অ্যাসিড মিশাইলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়।

প্রস্তুতি (Preparation) ঃ একটি উলফ্ বোতলের মুখ দুইটিতে যথাক্রমে একটি দীর্ঘ নল ফানেল ও একটি নির্গম নল ফিট কর। দীর্ঘ নল ফানেলের (thistle funnel) নলটি যেন বোতলের প্রায় তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। বোতলে কিছু জল ও **মার্বেল পাথরের কুচি** লও এবং ফানেলের মাধ্যমে **লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড** (dil. HCl) ঢাল। অ্যাসিডের সঙ্গে মার্বেলের সংস্পর্শের সঙ্গে সঙ্গে **বিনা উত্তাপে** ভুর ভুর করিয়া গ্যাস নির্গত হইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ু হইতে দেড়গুণ ভারী বলিয়া গ্যাসজারের বায়ু ঊর্ধ্বভ্রংশের (upward displacement) দ্বারা এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়া :

কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

$CaCO_3$	+	$2HCl$	=	CO_2	+ H_2O	$CaCl_2$
ক্যালসিয়াম কার্বনেট		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		কার্বন ডাই-অক্সাইড	জল	ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে ধৌত করিয়া (গ্যাসীয় HCl অপসারণ করার জন্য) সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া শুষ্ক অবস্থায় পারদের উপর সংগ্রহ করা যাইতে পারে।

বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

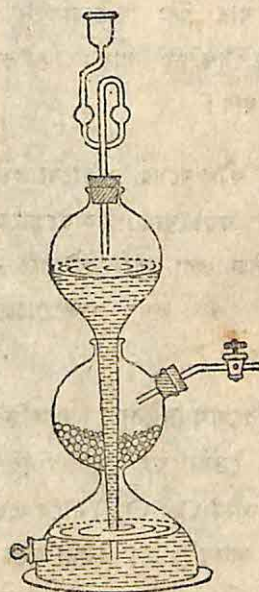
$$2NaHCO_3 \rightleftharpoons Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

কীপ-যন্ত্রে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি
(Preparation of carbon di-oxide in Kipp's apparatus)

প্রয়োজন অনুযায়ী সঙ্গে সঙ্গেই ব্যবহার করার সুযোগ রাখার জন্য ল্যাবরেটরীর কাজে কীপ-যন্ত্রের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়। কীপ-যন্ত্রে যখনই প্রয়োজন তখনই কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়, আবার অপ্রয়োজনে সঙ্গে সঙ্গে ইহার উৎপাদন বন্ধ করা যায়।

কীপ-যন্ত্র একটি ত্রি-গোলক কাচের যন্ত্র। দ্বিতীয় ও তৃতীয় গোলকটি পরস্পরে সংযুক্ত কিন্তু প্রথম গোলকটি স্বতন্ত্র। প্রথম গোলকটির মুখ খোলা এবং ইহার তলায় একটি লম্বা-নল সংযুক্ত। দ্বিতীয় ও তৃতীয় গোলক দুইটির খোলা মুখের মাধ্যমে প্রথম গোলকের লম্বা-নলটি তৃতীয় গোলকের তলা পর্যন্ত প্রবিষ্ট থাকে। মধ্যম গোলকে একটি নির্গম নল ফিট করা থাকে।

কীপ-যন্ত্র

মধ্যম গোলকে মার্বেল কুচি ($CaCO_3$) ভরা থাকে এবং প্রথম গোলকের লম্বা-নল দ্বারা তৃতীয় গোলকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ভরা হয়। লম্বা-নলে এবং আংশিক-ভাবে প্রথম গোলকেও এই অ্যাসিড ভরা থাকে।

তৃতীয় গোলক হইতে মধ্যম গোলকে অ্যাসিড উত্থিত হইলে আসিডের সঙ্গে মার্বেলের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং

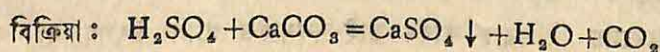
নির্গম-নলের পথে তাহা বাহির হইয়া যায়। নির্গম-নলের মুখ বন্ধ করিয়া দিলে মধ্যম গোলকে সদ্য উৎপন্ন গ্যাসের চাপ সৃষ্টি হয় এবং তাহার ফলে মধ্যম গোলক হইতে অ্যাসিড তৃতীয় গোলকে নামিয়া যায়। সমস্ত অ্যাসিড তৃতীয় গোলকে নামিয়া গেলে অ্যাসিডের অভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায় এবং মধ্যম গোলকটি এই গ্যাসে পূর্ণ থাকে।

নির্গম-নলের মুখ খুলিয়া দিলে গ্যাস নির্গমনের ফলে মধ্যম গোলকের মধ্যে গ্যাসের চাপ হ্রাস পায় এবং তৃতীয় গোলক হইতে অ্যাসিড মধ্যম গোলকে উঠিয়া পুনরায় গ্যাস উৎপন্ন সুরু করে। নির্গম নল দ্বারা এই গ্যাস বাহির হইয়া যায়।

সুতরাং কীপ-যন্ত্রে মার্বেল ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-ভরা থাকিলে মধ্যম গোলকের নির্গম-নল খুলিয়া প্রয়োজন মত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী করা যায় এবং অপ্রয়োজনে নির্গম-নল বন্ধ করিয়া গ্যাস উৎপাদন সঙ্গে সঙ্গেই বন্ধ করা যায়। এইভাবে গ্যাস উৎপাদনের জন্য কীপ-যন্ত্র সদা প্রস্তুত রাখা যায়।

[কীপ-যন্ত্রের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনও তৈরী করা যায়। হাইড্রোজেনের জন্য জিংক দানা ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড এবং সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের জন্য ফেরাস সালফাইড দানা ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।]

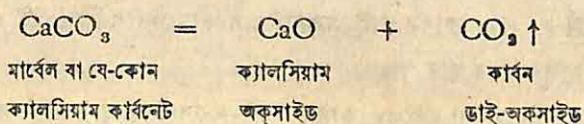
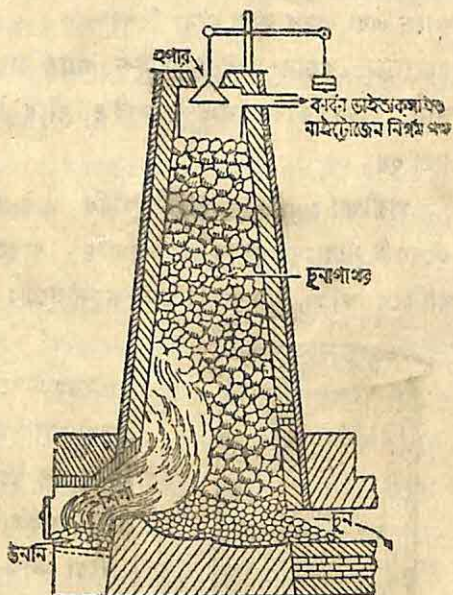
বিশেষ দ্রষ্টব্য : সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়াও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী করা যায়। কিন্তু মার্বেলের সঙ্গে ইহার বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) নামে একটি লবণ তৈরী হয়। এই লবণটি লঘু অ্যাসিডে প্রায় অদ্রবণীয় এবং তৈরী হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে মার্বেলের উপরে কঠিন আস্তরণ রূপে জমিতে থাকে। ইহার ফলে প্রথম পর্যায়ের বিক্রিয়ার পরে সালফিউরিক অ্যাসিডে ও মার্বেলের সংযোগের অভাব ঘটে এবং গ্যাস উৎপাদনের বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়।

বিক্রিয়া : $H_2SO_4 + CaCO_3 = CaSO_4 \downarrow + H_2O + CO_2$

কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও পোড়া চুনের বৃহদায়তন উৎপাদন

(Large scale or Industrial production of carbon dioxide and lime)

চুনা পাথর, মার্বেল বা চক জাতীয় **ক্যালসিয়াম কার্বনেট** যৌগ উচ্চ তাপাংকে (প্রায় 1000°C) উত্তপ্ত করিলে ইহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ক্যালসিয়াম অক্সাইড তথা পোড়া-চুন তৈরী হয়। বিক্রিয়া :

$$CaCO_3 \quad = \quad CaO \quad + \quad CO_2 \uparrow$$

মার্বেল বা যে-কোন ক্যালসিয়াম কার্বনেট	ক্যালসিয়াম অক্সাইড	কার্বন ডাই-অক্সাইড

পোড়া চুন তৈরী করার সময়ে চুনা-ভাটিতে (Kiln) কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। আধুনিক পন্থায় ইটে-গাঁথা চুন-ভাটি তৈরী করা হয়। ভাটির উপরের অংশে এক পাশে বা দুই পাশেই থাকে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গমের একটি বা দুইটি নির্গমদ্বার এবং মাথায় থাকে চুনা-পাথর, মার্বেল ইত্যাদি প্রবেশ বা সংভরণ-দ্বার (hopper)। ভাটির ভিতর দিকে একপাশে থাকে আগুন জ্বালাইবার চুল্লী এবং অপর পাশে থাকে পোড়া চুন সরাইয়া সংগ্রহ করার নির্গমদ্বার। উপর হইতে চুনা-পাথর ঢালিয়া প্রথমে ভাটিটি ভর্তি করা হয় এবং তলার দিকে এক পাশে অবস্থিত চুল্লীতে আগুন জ্বালাইয়া তপ্ত

কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করার ভাটি বা কিল্‌ন্

গ্যাসের সাহায্যে চুনা-পাথর উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের প্রভাবে চুনা-পাথর ভাঙ্গিয়া যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী হয় তাহা ভাটির মাথার দিকের দুই পাশের নির্গমদ্বার দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং পোড়া-চুন নীচের দিকে

তলাইয়া পড়ে ও নির্গমদ্বার দিয়া তাহা বাহির করিয়া আনা হয়। এইভাবে ভাটিতে ক্রমাগত চুনা-পাথর পোড়াইয়া অবিচ্ছিন্নভাবে বৃহদায়তনে তথা শিল্প পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও পোড়া চুন (lime) উৎপাদন করা সম্ভব।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম
(Properties of carbon dioxide)

ভৌতধর্ম : (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস কিন্তু এই গ্যাসের মধ্যে একটি হাল্‌কা অম্ল স্বাদ পাওয়া যায়।

(ii) ইহা বিষাক্ত না হইলেও কার্বন ডাই-অক্সাইডে শ্বাস গ্রহণ করা যায় না, ইহাতে আগুন জালান যায় না। তাই কোন শুষ্ক কূপে যদি জলন্ত দীপশিখা নিভিয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে যে কূপের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড জমিয়া আছে এবং এরূপ কূপে নামা বিপদ্‌জনক।

(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বায়ুর চেয়ে প্রায় দেড়গুণ ভারী। তাই, বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড ধীরে ধীরে পুরানো শুষ্ক খাদের মধ্যে জমা হয়।

পরীক্ষা : (ক) একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড ভরা জারে বা বীকারে কয়েকটি সাবানের বুদ্‌বুদ্‌ ছাড়িয়া দাও। বায়ুভরা বুদ্‌বুদ্‌ গ্যাসের মধ্যে ভাসিতে থাকিবে, কারণ, বায়ু কার্বন ডাই-অক্সাইডের চেয়ে হাল্‌কা।

কার্বন-ডাই-অক্সাইডে ভরা বীকারে সাবানের বুদ্‌বুদ্‌

(খ) একটি খালি অর্থাৎ বায়ুভরা গ্যাস জারের উপরে একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড-ভরা গ্যাস-জার উপুড় করিয়া বসাইয়া দাও। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে যে নীচের জার কার্বন ডাই-অক্সাইডে ভরিয়া গিয়াছে এবং ইহার মধ্যে জলন্ত পাটকাঠি ধরিলেই তাহা নিভিয়া যাইবে এবং চুনজল মিশাইলে তাহা ঘোলা হইবে।

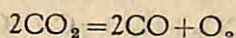
(iv) কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবণীয়। স্বাভাবিক চাপে সম-আয়তন জলে প্রায় সম-আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত হয়। N.T.P.-তে 1 c.c. জলে 1·7 c.c. গ্যাস দ্রবীভূত হয়।

কিন্তু চাপ বাড়িলে গ্যাসের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। উত্তাপ বা চাপ হ্রাস করিলে জলে দ্রবীভূত গ্যাস আবার নির্গত হইয়া যায়।

সোডা ওয়াটার এবং **লেমোনেড** (Soda water and lemonade) : সোডা ওয়াটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ। বোতলের মুখবন্ধ অবস্থায় বর্ধিত চাপের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বেশী পরিমাণে জলে দ্রবীভূত থাকে। কিন্তু বোতলের মুখ খুলিয়া দিলে চাপ হ্রাস পায় এবং তার ফলে জলীয় দ্রবণ হইতে ভুর ভুর করিয়া গ্যাস নির্গত হইতে আরম্ভ করে। লিমোনেডে কার্বন ডাই-অক্সাইড ছাড়াও চিনি মিশ্রিত থাকে।

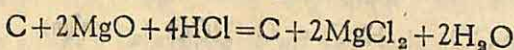
(v) চাপ ও শীতলতায় কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তরল—এমন কি, কঠিন পদার্থেও পরিণত করা যায়। এরূপ কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক বরফ (dry ice) বলা হয়। তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড ইস্পাতের সিলিণ্ডারে ভরিয়া বাণিজ্যিক (commercial) কাজে ব্যবহার করা যায়। শুষ্ক বরফের সঙ্গে ইথার মিশ্রিত করিয়া তাপমাত্রা $-100^\circ C$ পর্যন্ত নামানো যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **দহনশীলতা** : কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য (combustible) বা দাহক (supporter of combustion) পদার্থ নয়। তাই আগুনের সংস্পর্শে ইহা নিজেও জলে না, অন্য বস্তুকেও জলিতে সাহায্য করে না। এইজন্য ছোটখাট অগ্নিকাণ্ড নিভাইতে প্রায়ই কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ব্যবহৃত হয়। অতি উচ্চ তাপাংকে ($2500^\circ C$) ইহা কার্বন মনক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2CO_2 = 2CO + O_2$$

পরীক্ষা : (ক) একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস-ভরা জারে জলন্ত পাটকাঠি ঢুকাও। পাটকাঠি তৎক্ষণাৎ নিভিয়া যাইবে এবং গ্যাস জলিবে না।

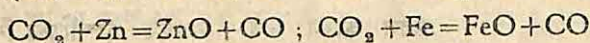
(ii) **ধাতুর ক্রিয়া** (Reaction of metals) : উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে দগ্ধ করা যায়। কারণ, উত্তপ্ত ধাতুর সংস্পর্শে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসটি ভাঙ্গিয়া প্রথমে কার্বন ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং পরে সেই অক্সিজেনের মধ্যে ধাতু দগ্ধ হয়। এরূপ পরীক্ষার পরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে এবং কালো কার্বন কণা তরলের উপরে ভাসিতে থাকে। এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে। যথা :

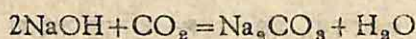
$$2Mg + CO_2 = C + 2MgO$$

$$C + 2MgO + 4HCl = C + 2MgCl_2 + 2H_2O$$

(iii) **অ্যাসিড-ধর্মী অক্সাইড** (acidic oxide): কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ পায়। তাই, ইহা একটি অ্যাসিড-ধর্মী অক্সাইড। কিন্তু এই অ্যাসিড খুব দুর্বল ও অস্থায়ী। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে কার্বনিক অ্যানহাইড্রাইডও (carbonic anhydride) বলা হয়। এই অ্যাসিডকে বলা হয় **কার্বনিক অ্যাসিড** (carbonic acid)। উত্তাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায়। ইহা গঠিত হয় এইভাবে :

$$CO_2 + H_2C \rightleftharpoons H_2CO_3$$

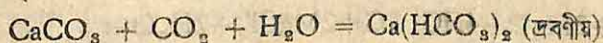
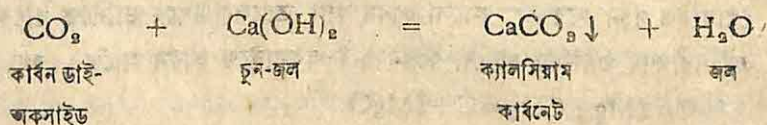
(iv) **কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারণ** (reduction of carbon dioxide): তপ্ত কার্বন, আয়রন, জিংক ইত্যাদি দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনক্সাইডে বিজারিত করা যায়। যথা : $CO_2 + C = 2CO$

$$CO_2 + Zn = ZnO + CO \; ; \; CO_2 + Fe = FeO + CO$$

(v) **ক্ষারের বিক্রিয়া** (action of alkali) : কষ্টিক সোডা (NaOH) ও কষ্টিক পটাস (KOH) ক্ষার প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিডধর্মী কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস শোষণ করিতে পারে। ইহার ফলে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বনেট লবণ ও জল গঠিত হয়। যথা ;

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

ইহা চুলজলকেও অনুরূপভাবে ঘোলা করিয়া দেয়। $CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$। অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড বাই-কার্বনেট গঠন করে। $CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$ (দ্রাব্য)

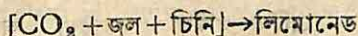
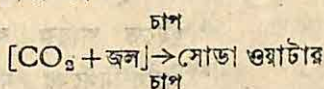
সনাক্তকরণ (Test): কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায়। নাইট্রোজেনের মধ্যেও পাটকাঠি নিভিয়া যায়। কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড চুনজল ঘোলা করে। পক্ষান্তরে নাইট্রোজেন সংস্পর্শে চুনজল ঘোলা হয় না। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের শোষক (absorbent) —NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$ ইত্যাদি। ঘোলা চুনজলে অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড চালাইলে চুনজল স্বচ্ছ হইয়া যায়। কারণ ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট গঠিত হয়।

CO_2	+	$Ca(OH)_2$	=	$CaCO_3 \downarrow$	+	H_2O
কার্বন ডাই-অক্সাইড		চুন-জল		ক্যালসিয়াম কার্বনেট		জল

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2 \text{ (দ্রবণীয়)}$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার : (i) সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতির জন্য, (ii) সোডা ওয়াটার ও লিমোনেড তৈরী করার জন্য, (iii) হিমকারক (refrigeration) হিসাবে, (iv) অগ্নি নির্বাপকরূপে ও (v) বেকিং পাউডার প্রস্তুতির জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

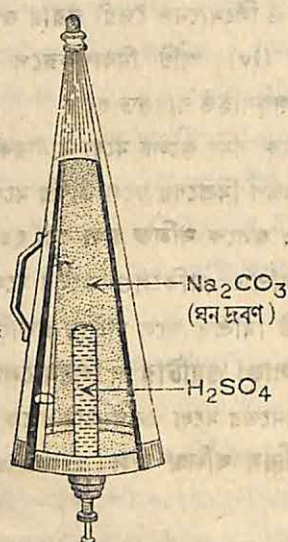
খনিজ জল (Mineral water) : অনেক সময় জলের মধ্যে নানারকম কঠিন ও গ্যাসীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকে। এরূপ মিশ্রণের ফলে জলের মধ্যে একরকম স্বাদ পাওয়া যায়। এই প্রাকৃতিক স্বাদু জলকে **খনিজ জল** বলা হয়। জলের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস মিশ্রিত থাকিলেও জলের মধ্যে একরকম স্বাদ পাওয়া যায়। সাদা জল বা মিষ্টি মিশ্রিত জলে চাপের প্রভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত করিয়া **সোডা ওয়াটার** বা **লিমোনেড** তৈরী করা হয়। সোডা ওয়াটার বা লিমোনেডের মধ্যে এরূপ স্বাদ থাকে। তাই সোডা ওয়াটার বা লিমোনেডকেও **কৃত্রিম খনিজ জল** (artificial mineral water) বলা যায়।

$$[CO_2 + \text{জল}] \xrightarrow{\text{চাপ}} \text{সোডা ওয়াটার}$$

$$[CO_2 + \text{জল} + \text{চিনি}] \xrightarrow{\text{চাপ}} \text{লিমোনেড}$$

শুষ্ক বরফ (Dry ice) : শূন্য ডিগ্রী (0°C) তাপাংকে এবং চল্লিশ বায়ুচাপে (40 atmospheric pressure) কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তরল করা যায়। লোহার সিলিণ্ডারে এই তরল গ্যাস ভরিয়া রাখা হয়। সিলিণ্ডারের মুখে একটি ফ্লানেলের ব্যাগ বাঁধিয়া দিয়া ব্যাগের মধ্যে যদি তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বাষ্পায়িত করিতে দেওয়া যায় তবে তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড তুষারের আকারে ব্যাগের মধ্যে জমিয়া ওঠে। এরূপ জমানো কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বলা হয় **শুষ্ক বরফ**।

অগ্নি-নির্বাপক (Fire extinguisher) : বিভিন্ন কল-কারখানা, সরকারী ভবন, সিনেমা হল, রসায়নাগার ইত্যাদি স্থানে অগ্নি-নির্বাপক ঝুলাইয়া রাখা হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে আগুন জ্বলে না। তাই, কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ছড়াইয়া আগুন নিভানো যায়। অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে দ্রুতগতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করার ব্যবস্থা থাকে।

অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রটি একটি ধাতু-নির্মিত গোলাকার বা কোণাকার সিলিণ্ডার। এই সিলিণ্ডারের মধ্যে ভরা থাকে সোডিয়াম কার্বনেট বা

সোডার দ্রবণ (Na_2CO_3), এবং এই দ্রবণের মাঝখানে সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) পূর্ণ আরেকটি কাচের বোতল ঝুলানো থাকে। যন্ত্রের মুখে লাগানো থাকে একটি ধাতুর হাতল। হাতলে চাপ দিলেই কাচের বোতল ভাঙ্গিয়া যায় এবং বোতলের অ্যাসিড সিলিণ্ডার-ভরা সোডার মধ্যে মিশিয়া যায়। ইহার ফলে সঙ্গে সঙ্গেই তৈরী হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। এই গ্যাস সিলিণ্ডারের মুখে লাগানো নলাকার সরু মুখ দিয়া তীব্র বেগে নির্গত হইতে আরম্ভ করে। সিলিণ্ডারের গ্যাস-নির্গমের মুখটি প্রয়োজনমত এদিক-সেদিক ঘুরাইয়া আগুনের দিকে ধরিতে হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে আগুন জলিতে পারে না বলিয়া এই গ্যাসের পরিমণ্ডলে আগুন নিভিয়া যায়।

অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র

কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট লবণ
(Carbonate and bi-carbonate salts)

কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ একটি অতি মৃদু অ্যাসিড। এই অ্যাসিডের নাম—**কার্বনিক অ্যাসিড** (carbonic acid)। জলীয় দ্রবণ ছাড়া এই অ্যাসিডকে বিশুদ্ধ অ্যাসিডরূপে সংগ্রহ করা যায় না। অ্যাসিডটি গঠিত হয় এইভাবে :

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$
তাপ জল কার্বনিক অ্যাসিড

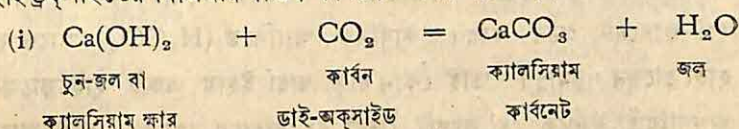
অ্যাসিড হিসাবে মৃদু হইলেও ক্ষার (alkali) ও ক্ষারকের (base) সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বনিক অ্যাসিড লবণ গঠন করে। উহা ডাই-বেসিক অ্যাসিড বলিয়া কার্বনিক অ্যাসিডের এরূপ লবণের নাম কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট।

মূল অ্যাসিড দুর্বল হইলেও কার্বনিক অ্যাসিডের কার্বনেট লবণ স্থায়ী এবং অধিকাংশ ধাতুর কার্বনেট বিশেষভাবে কঠিন পদার্থ। চুনাপাথর, মার্বেল ও চক কার্বনিক অ্যাসিডের ক্যালসিয়াম লবণ তথা ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)। কার্বনিক অ্যাসিডের একটি লবণ—কাপড়-কাচা সোডা বা সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) এবং অন্যান্য ধাতব কার্বনেট লবণ—K_2CO_3, $CaCO_3$, $MgCO_3$, $ZnCO_3$, $FeCO_3$ ইত্যাদি।

কার্বনেট যৌগমূলক (CO_3)**:** কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) অ্যাসিড মূলকটি (CO_3) অন্যান্য অ্যাসিড মূলকের ন্যায় ব্যবহার করে। ইহাকে বলা হয় **কার্বনেট মূলক**। ইহার যোজ্যতা দুই। কার্বনিক অ্যাসিডের ধাতব লবণের নাম **কার্বনেট** (metallic carbonate)।

কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সঙ্গে ক্ষার ও ক্ষারক অর্থাৎ ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় ধাতব কার্বনেট লবণ গঠিত হয়। যথা :

(i) $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$

চুন-জল বা ক্যালসিয়াম ক্ষার; কার্বন ডাই-অক্সাইড; ক্যালসিয়াম কার্বনেট; জল

পরীক্ষা: বায়ুতে একবাটি চুন-জল (lime water) রাখিয়া দাও। চুন-জলের উপরে হালকা সাদা সর পড়িবে। বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সঙ্গে চুন জলের বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট তৈরী হয় এবং জলের উপর ভাসমান সর সেই ক্যালসিয়াম কার্বনেট।

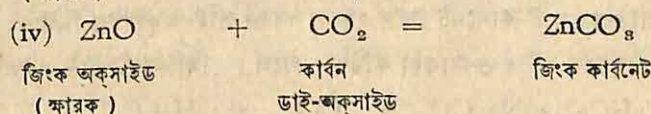
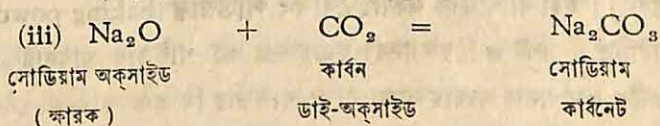
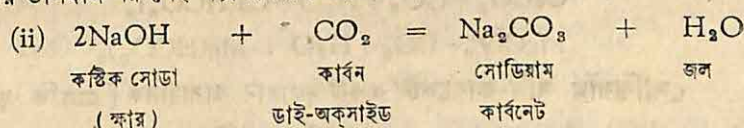
(ii) $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

কষ্টিক সোডা (ক্ষার); কার্বন ডাই-অক্সাইড; সোডিয়াম কার্বনেট; জল

(iii) $Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$

সোডিয়াম অক্সাইড (ক্ষারক); কার্বন ডাই-অক্সাইড; সোডিয়াম কার্বনেট

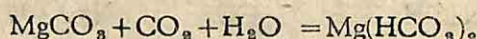
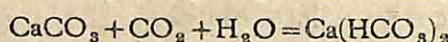
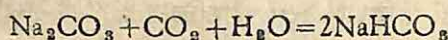
(iv) $ZnO + CO_2 = ZnCO_3$

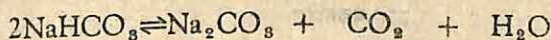
জিংক অক্সাইড (ক্ষারক); কার্বন ডাই-অক্সাইড; জিংক কার্বনেট

কার্বনেট লবণের মধ্যে চুনা পাথর, মার্বেল, চক এবং জিংক, আয়রন, লেড ইত্যাদির কার্বনেট যৌগ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। এই সব খনিজ কার্বনেট এবং সোডিয়াম কার্বনেট বিশেষ প্রয়োজনীয় বস্তু।

সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা ঃ সোডিয়াম কার্বনেট অণুর সঙ্গে যখন কেলাসোদক (water of crystallization) যুক্ত থাকে তখন এই কার্বনেটকে **কাপড়-কাচা সোডা বা ওয়াশিং সোডা** (washing soda) বলা হয়। এরূপ সোডা দেখিতে দানাদার ও ইহার ফর্মুলা $Na_2CO_3, 10H_2O$; ইহা একটি উদত্যাগী (efflorescent) পদার্থ। এই সোডাকে শুষ্ক করিলে নয়টি জলীয় অণু বাষ্পায়িত হইয়া যায় এবং দানাদার সোডা **সোডা পাউডারে** পরিণত হয়। যথা : $Na_2CO_3.10H_2O \rightarrow Na_2CO_3.H_2O$.

[সোডিয়াম কার্বনেট—বৃহদায়তন প্রস্তুতির পদ্ধতি ও ধর্ম—তৃতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।]

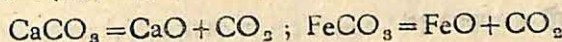
সোডিয়াম বাই-কার্বনেট (Sodium bi-carbonate $NaHCO_3$) অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিভিন্ন ক্ষার প্রথমে কার্বনেট এবং পরে এই কার্বনেট অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাই-কার্বনেট গঠন করে। কার্বনিক অ্যাসিডে (H_2CO_3) আছে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু। তাই কোন ধাতু দ্বারা ইহার একটি হাইড্রোজেনকে অপসারিত করিলে যে লবণটি তৈরী হয় তাহাকে বলা হয়—**হাইড্রোজেন কার্বনেট** বা **বাই-কার্বনেট**। যথা : সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3{}_2$

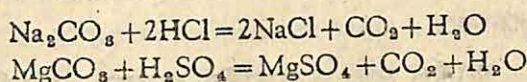
$$Na_2CO_3+CO_2+H_2O=2NaHCO_3$$
$$CaCO_3+CO_2+H_2O=Ca(HCO_3)_2$$
$$MgCO_3+CO_2+H_2O=Mg(HCO_3)_2$$

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট একটি মূল্যবান রাসায়নিক [প্রস্তুতি তৃতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য]। ইহা বাণিজ্যিক ভাষায় **বেকিং পাউডার** (baking powder) নামে পরিচিত। রুটি ও বিস্কুট তৈরী করার জন্য এই পাউডার ব্যবহার করা হয়। রুটির কারখানায় ময়দার সঙ্গে বেকিং পাউডার মিশ্রিত করিলে সেঁকার সময় সোডিয়াম বাই-কার্বনেট যৌগ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া রুটি বা বিস্কুটকে স্ফীত ও ঝাঁঝরা করিয়া তোলে। বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবে :

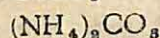
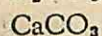
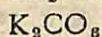
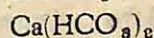
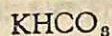
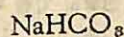
$$2NaHCO_3 \rightleftharpoons Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট — সোডিয়াম কার্বনেট — গ্যাস — জল

ঔষধরূপেও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ব্যবহার করা হয়।

সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ব্যতীত অন্য সব ধাতুর কার্বনেট জলে অদ্রবণীয়। উত্তাপের প্রভাবে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম কার্বনেট গলিয়া যায় কিন্তু অন্যান্য ধাতব কার্বনেট ভাঙ্গিয়া ধাতুর অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী হয়। যথা :

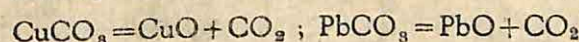
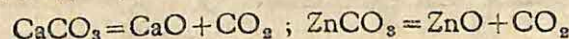
$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \; ; \; FeCO_3 = FeO + CO_2$$

অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সব কার্বনেট হইতেই কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। যথা :

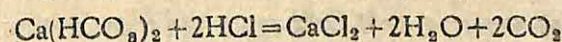
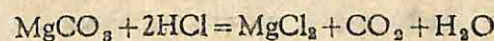
$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$$
$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + CO_2 + H_2O$$

কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটের উদাহরণ ও বিক্রিয়া

ধাতব কার্বনেট	ধাতব বাই-কার্বনেট
Na_2CO_3	$NaHCO_3$
K_2CO_3	$KHCO_3$
$CaCO_3$	$Ca(HCO_3)_2$
$(NH_4)_2CO_3$	$(NH_4)HCO_3$

(i) কার্বনেট অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাই-কার্বনেট গঠন করে, পক্ষান্তরে বাই-কার্বনেট উত্তাপে কার্বনেটে পরিণত হয়।

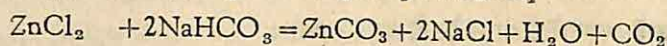
$$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2NaHCO_3$$
$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2$$
$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O + CO_2 \rightleftharpoons 2(NH_4)HCO_3$$

(ii) তাপের প্রভাবে ভারী ধাতুর কার্বনেট ভাঙ্গিয়া ধাতব অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \; ; \; ZnCO_3 = ZnO + CO_2$$
$$CuCO_3 = CuO + CO_2 \; ; \; PbCO_3 = PbO + CO_2$$

(iii) লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বনেট ও বাই-কার্বনেট কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করে।

$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2 + H_2O$$
$$Ca(HCO_3)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O + 2CO_2$$
$$2NaHCO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2CO_2$$

(iv) অন্যান্য ভারী ধাতব লবণের সঙ্গে উত্তপ্ত অবস্থায় ক্ষারীয় ধাতুর কার্বনেট বা বাই-কার্বনেটের বিনিময় বিক্রিয়া ঘটে।

$Na_2CO_3 + MgSO_4 = MgCO_3 + Na_2SO_4$

$ZnCl_2 + 2NaHCO_3 = ZnCO_3 + 2NaCl + H_2O + CO_2$

কার্বনেট সনাক্তকরণ (test): যে-কোন ধাতব কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট যৌগের মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) ঢালিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাস চুনজল ঘোলা করিয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠন করে।

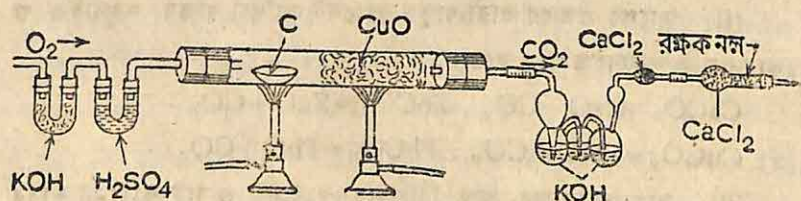
কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সংযুতি

(Composition of carbon dioxide)

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ফর্মুলা তৌলিক বা ওজন হিসাবে (composition by weight) অথবা আয়তন হিসাবে নির্ণয় করা যায়।

1. ওজন-গত বা তৌলিক সংযুতি (gravimetric composition)

(i) **পরীক্ষার যন্ত্র**: একটি পোরসেলিন বা প্লাটিনামের ছোট **কোশ** (boat) লও। কোশে অল্প পরিমাণে বিশুদ্ধ চারকোল বা অঙ্গার (যথা, চিনির অঙ্গার) লও এবং অঙ্গারসহ কোশের ওজন লও। কোশটি একটি মোটা এবং উচ্চ তাপ-সহা কাচের নলে ভর। এরূপ নলকে বলা হয় **দহন-নল** (combustion tube)। কোশটি নলের মাঝখানে রাখ এবং কোশের ডান পাশে কিছু কিউপ্রিক অক্সাইডের (CuO) কুচি রাখ।

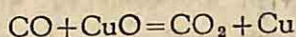
একটি আগম-নল ও একটি নির্গম-নল ফিট-করা দুইটি রবারের ছিপি দিয়া দহন নলের মুখ দুইটি সম্পূর্ণরূপে বায়ু-রুদ্ধ করিয়া আঁটিয়া দাও। বাম পাশের

কার্বন ডাই-অক্সাইডের তৌলিক গঠন নির্ণয়ের পরীক্ষা যন্ত্র

ছিপিতে ফিট-করা থাকে একটি ছোট ও সরু কাচের আগম-নল এবং ডান পাশের ছিপিতে ফিট-করা থাকে একটি নির্গম-নল। বাম পাশে আগম নলের মাথায় রবার টিউবের সাহায্যে পর পর ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ও

কষ্টিক পটাস দানা (KOH -পূর্ণ U-নল লাগাও। ডানদিকের নির্গম-নলের মাথায় কষ্টিক পটাস-ভরা একটি কি দুইটি পটাস বাল্‌ব (potash bulb) এবং পটাস বাল্‌বের সঙ্গে একটি ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) ভরা একটি নল লাগাও। ইহা ছাড়াও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা একটি অতিরিক্ত রক্ষক নলও সংযুক্ত কর। নির্গম-নলের ডান হাতলে ফিট করার আগে একসঙ্গে পটাস-বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নলটি ওজন করিয়া লও।

(ii) **পরীক্ষা** (experiment) : এখন অঙ্গার ও কপার অক্সাইড ভরা দহন-নলটি উচ্চ তাপে উত্তপ্ত কর। আগম-নলে লাগান সালফিউরিক অ্যাসিড ও কষ্টিক পটাস ভরা U-নলের ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ অক্সিজেন চালাও। অকসিজেনের মধ্যে যদি কোনভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড বা জলীয় বাষ্প থাকিয়া যায় তাহা দহন-নলের মধ্যে প্রবেশের আগে U-নলের কষ্টিক পটাস ও সালফিউরিক অ্যাসিড শুষিয়া লয়। সুতরাং, আগম-নলের পথে দহন-নলে প্রবেশ করে শুধু বিশুদ্ধ অক্সিজেন।

অতি-তপ্ত অঙ্গার ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনের সংযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস গঠিত হয় [$C+O_2=CO_2$]। এরূপ বিক্রিয়ায় কিছু কার্বন মনক্সাইডও গঠিত হইতে পারে [$2C+O_2=2CO$]। এই কার্বন মনক্সাইড অতি-তপ্ত কপার অক্সাইডের ভিতর দিয়া নির্গম-নলের দিকে যাইবার সময় কপার অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$CO+CuO=CO_2+Cu$$

এইভাবে সমস্ত অঙ্গার কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হওয়ার পরেও কিছুক্ষণ দহন-নলের মধ্যে অক্সিজেন চালাইয়া দহন-নলে উৎপন্ন সমস্ত কার্বন ডাই অক্সাইড পটাস বাল্‌বে পাঠাও। তারপরে দীপ নিভাইয়া দহন-নলটিকে ঠাণ্ডা কর।

(iii) **বিক্রিয়া** (reactions) : কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গম-নলের 'পথে পটাস বাল্‌বে প্রবেশ করে এবং অঙ্গার পুড়িয়া যে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয় তাহা সম্পূর্ণভাবে কষ্টিক পটাস দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া যায়। পটাস বাল্‌ব হইতে যদি কোন জলীয় বাষ্প উবিয়া যায় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা নলটি তাহা শুষিয়া লয়। রক্ষক নল বায়ুর জলীয় বাষ্প প্রবেশের পথ রুদ্ধ করে।

পরীক্ষার পরে ছাই সহ কোশটির ওজন লও এবং ইহার পরে এক সঙ্গে পটাস বাল্‌ব ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নলের ওজন লও।

(iv) **গণনা** (calculation) : এইভাবে এখন ওজনের হিসাব কর :

পরীক্ষার আগের ওজন : কোশ + অঙ্গার = W_1 গ্রাম

পরীক্ষার পরের ওজন : কোশ + ছাই = W_2 গ্রাম

সুতরাং, কার্বন তথা অঙ্গারের ওজন = $(W_1 - W_2)$ গ্রাম

পরীক্ষার আগের ওজন : পটাস বাল্‌ব + ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নল = W_3 গ্রাম

পরীক্ষার পরের ওজন : পটাস বাল্‌ব + ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড নল + কার্বন ডাই-অক্সাইড = W_4 গ্রাম

সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন = $(W_4 - W_3)$ গ্রাম

এবং অক্সিজেনের ওজন = কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন—কার্বনের ওজন
$= (W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যাইবে কার্বনের ওজন যদি হয় 3 গ্রাম, অক্সিজেনের ওজন হইবে 8 গ্রাম। অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে

$$\frac{\text{কার্বনের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{3}{8}\text{ ; অর্থাৎ } C : O :: 3 : 8$$

(v) **ফর্মুলা নির্ণয়** (determination of formula) : বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = 22 ; সুতরাং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন = $22 \times 2 = 44$ [কারণ, গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন = $2 \times$ বাষ্প-ঘনত্ব।]

উপরের পরীক্ষায় দেখা যায় :

11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন = 3 গ্রাম

সুতরাং 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে $C = \frac{3 \times 44}{11} = 12$ গ্রাম এবং 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে অক্সিজেন আছে $= \frac{8 \times 44}{11} = 32$ গ্রাম ; অর্থাৎ, 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে কার্বন (C) = 12 গ্রাম এবং অক্সিজেন $(O_2) = 32$ গ্রাম।

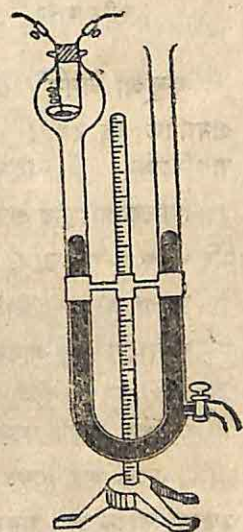
কার্বনের **একটি গ্রাম-পরমাণুর** ওজন = 12 গ্রাম এবং অক্সিজেনের **দুইটি গ্রাম-পরমাণুর** ওজন $= 16 \times 2 = 32$ গ্রাম।

সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডে আছে **একটি কার্বন পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু**। তাই কার্বন ডাই-অক্সাইডের ফর্মুলা, CO_2.

2. **আয়তনিক গঠন** (volumetric composition)

(i) **পরীক্ষার যন্ত্র** (apparatus): পরীক্ষার যন্ত্রটি U-আকারের একটি ইউডিয়োমিটার (eudiometer)। [ইউডিয়োমিটার কাচের U-নল বিশেষ। ইহার মধ্যে গ্যাসের পরীক্ষা হয় বলিয়া এরূপ নলকে ইউডিয়োমিটার বলা হয়।] এই ইউডিয়োমিটার এক পাশের নলের মাথায় বসানো থাকে একটি বড় বাল্‌ব। এই বাল্‌বটি ভিতরের দিক হইতে U-নলের সঙ্গে সংযুক্ত। বাল্‌বটির মুখ আঁটা থাকে রবারের ছিপি দ্বারা। এই ছিপির ভিতর দিয়া বাল্‌বের মধ্যে ঢোকানো থাকে দুইটি তামার তার এবং একটি তারের মাথায় বসানো থাকে ছোট একটি তামার চামচ ; এই চামচটি একটি প্লাটিনাম তারের সাহায্যে তামার অন্য তারটির সঙ্গে সংযুক্ত থাকে। ইউডিয়োমিটারের অপর পাশের নলটি উপরের দিকে খোলা এবং ইহার নীচের দিকে একটি ছিপি সহ নির্গম নল ফিট করা থাকে।

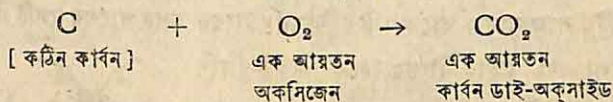
ইউডিয়োমিটার

(ii) **পরীক্ষা** (experiment): তামার চামচে এক টুকরা বিশুদ্ধ অঙ্গার বা চারকোল লও। প্রথমে বাল্‌ব ফিট-করা ইউডিয়োমিটার সম্পূর্ণভাবে পারদে ভর। ইউডিয়োমিটারের পারদ সরাইয়া বাল্‌বটি সম্পূর্ণরূপে অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ কর। তারপরে তামার তার ও অঙ্গার সহ চামচটি বাল্‌বের মধ্যে ঢুকাইয়া দাও এবং রবারের ছিপির দ্বারা বাল্‌বের মুখটি আঁটিয়া দাও। পরীক্ষা সুরু করার আগে U-নলের দুই পাশের নলে পারদ স্তম্ভ এক সমতল (same level) কর। যন্ত্রটি এইভাবে সাজাইয়া তামার তার দুইটি ব্যাটারীর সঙ্গে লাগাইয়া দাও। তামার তারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে চামচের অঙ্গার বাল্‌বের অক্সিজেনের মধ্যে দগ্ধ হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করিবে।

(iii) **পর্যবেক্ষণ** (observation): পরীক্ষার পরে ইউডিয়োমিটারটি ঠাণ্ডা হইলে দেখা যাইবে যে পরীক্ষার আগে অক্সিজেন গ্যাসের যে আয়তন ছিল পরীক্ষার পরে অঙ্গার পুড়িয়া ঠিক সেই আয়তনে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হইয়াছে। কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হওয়ার ফলে বাল্‌বের গ্যাসের

আয়তনে কোন পরিবর্তন হয় নাই। অর্থাৎ, একই চাপ ও উষ্ণতায় যত আয়তন অক্সিজেন ছিল ঠিক তত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী হইয়াছে।

(iv) **সিদ্ধান্ত** (conclusion): ইহাতে প্রমাণিত হয় যে **সম-আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের জন্য সম-আয়তনের অক্সিজেনের প্রয়োজন**। ইহার বিকল্প অর্থ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সম-আয়তনের অক্সিজেন বর্তমান থাকে (carbon dioxide contains its own volume of oxygen)। অর্থাৎ, যে-আয়তনে কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে সেই আয়তনে এই গ্যাসের মধ্যে অক্সিজেনও আছে। [যথা : 10 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইডে আছে 10 c.c. অক্সিজেন]

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

[কঠিন কার্বন]   এক আয়তন অক্সিজেন   এক আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড

ফর্মুলা নির্ণয় (determination of formula): এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণিত হয় যে 1 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে আছে 1 c.c. অক্সিজেন।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী সম চাপ ও তাপাংকে 1 c.c. অক্সিজেনে যদি থাকে n-অণু তবে, 1 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইডেও আছে n-অণু।

অথবা, n-কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর মধ্যে আছে n-অক্সিজেন অণু;

অর্থাৎ, 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে আছে 1 অণু অক্সিজেন অথবা 2 পরমাণু অক্সিজেন

সুতরাং, একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর মধ্যে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা দুই। মনে কর, এক অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা x; সুতরাং কার্বন ডাই-অক্সাইডের ফর্মুলা হইবে $= C_xO_2$

বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায় যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = 22

সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন $= 22 \times 2 = 44$

এই 44 হইবে একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর ওজন;

তাই, $C_xO_2 = 44$; অথবা $12 \times x + 32 = 44$; অথবা $x = 1$.

[কার্বনের পারমাণবিক ওজন 12 এবং অক্সিজেনের 16]

সুতরাং, একটি কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে থাকে একটি মাত্র কার্বন পরমাণু এবং দুইটি অক্সিজেন পরমাণু।

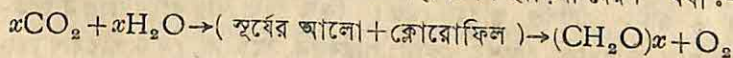
তাহা হইলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের যথার্থ ফর্মুলা হইবে—CO_2

কার্বন চক্র (Carbon cycle)

প্রাণী ও উদ্ভিদ্ বায়ু হইতে শ্বাসরূপে অক্সিজেন ব্যবহার করে এবং নিশ্বাস-রূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। প্রাণী ও উদ্ভিদ্ দেহে অক্সিজেন গ্রহণের প্রয়োজন দেহকে উত্তপ্ত রাখার জন্য। প্রাণী সক্রিয় ও সঞ্চরণশীল বলিয়া নিশ্চল উদ্ভিদের চেয়ে প্রাণী-দেহের জন্য অক্সিজেনের প্রয়োজন বেশি। তাই উদ্ভিদের চেয়ে প্রাণী অনেক বেশি পরিমাণে শ্বাস-প্রশ্বাসের মাধ্যমে অক্সিজেন গ্রহণ ও কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্জন করে। প্রাণী যে বায়ু শ্বাসরূপে গ্রহণ করে তারমধ্যে আয়তন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ 21 শতাংশ এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ ·03 শতাংশ। কিন্তু প্রাণীর নিশ্বাসের মধ্যে থাকে প্রায় 15 শতাংশ অপরিবর্তিত অক্সিজেন এবং 5 শতাংশ কার্বন ডাই-অক্সাইড। কারণ, প্রাণী অক্সিজেন গ্রহণ করে ও কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিত্যাগ করে। তাই চুন-জলের মধ্যে নিশ্বাস ছাড়িলে নিশ্বাসের মধ্যে প্রাপ্ত অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইডের জন্য চুন-জল ঘোলা হইয়া যায়।

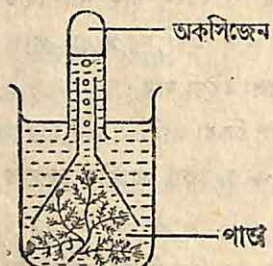
অনেকের ধারণা যে উদ্ভিদের কোন শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়া নাই। এই ধারণা ঠিক নয়। উদ্ভিদও প্রশ্বাস গ্রহণ ও নিশ্বাস বর্জন করে, কিন্তু প্রাণীর তুলনায় পরিমাণে অনেক কম।

উদ্ভিদের প্রধান খাদ্য কার্বন। কার্বন ও জলের সংযোগে উদ্ভিদ্ শর্করা বা কার্বোহাইড্রেট জাতীয় পদার্থ গঠন করিয়া দেহ পুষ্ট করে। উদ্ভিদ্ কার্বন গ্রহণ করে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে। উদ্ভিদের পাতায় একপ্রকার **সবুজ পদার্থ বা ক্লোরোফিল** (chlorophyll) নামের বস্তু আছে। ইহা সূর্যের আলোতে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে ভাঙ্গিয়া ফেলে এবং উদ্ভিদ্ কার্বন ডাই-অক্সাইডের কার্বন গ্রহণ করিয়া অক্সিজেন ছাড়িয়া দেয়। এই কার্বন উদ্ভিদের সবুজ পাতার জলের সঙ্গে আলোর প্রভাবে বিক্রিয়া ঘটাইয়া কার্বোহাইড্রেট (carbohydrate) নামে একরকম জৈব পদার্থে পরিণত হয়। এরূপভাবে কার্বোহাইড্রেট গঠনের প্রণালীকে বলা হয় **আলোক সংশ্লেষণ বা ফটো সিনথেসিস** (photosynthesis)। সুতরাং সবুজ উদ্ভিদ্ সূর্যালোকে নিয়ত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে এবং অক্সিজেন ছাড়িয়া দেয়। যথা :—

$$xCO_2 + xH_2O \rightarrow (\text{সূর্যের আলো} + \text{ক্লোরোফিল}) \rightarrow \underset{\text{চিনি}}{(CH_2O)x} + O_2$$

উদ্ভিদের ক্ষেত্রে দুইটি বিপরীত স্বভাব দেখা যায়। একদিকে উদ্ভিদ্

শ্বাসরূপে অক্সিজেন গ্রহণ করে এবং প্রশ্বাসরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড পরিত্যাগ করে। আবার অন্যদিকে খাদ্যরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে ও অক্সিজেন ত্যাগ করে। কিন্তু নিশ্বাস-প্রশ্বাস-ক্রিয়ায় অক্সিজেন গ্রহণের তুলনায় খাদ্যরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণের পরিমাণ অনেক বেশী। উদ্ভিদ্ সাধারণত আলোতে অর্থাৎ দিনের বেলায় কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেন গ্রহণ করে এবং রাত্রিবেলা শুধু অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। তাই দিনের তুলনায় রাত্রির বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ প্রায় 12 শতাংশ বাড়িয়া যায়।

পরীক্ষা: একটি বীকারে একটি সবুজ পাতা লও এবং একটি ফানেল উপুড় করিয়া পাতাটি ঢাকিয়া দাও। বীকারে জল ঢাল। একটি জল-ভরা পরীক্ষা নল জলপূর্ণ ফানেলটির নলের মাথায় উপুড় করিয়া বসাইয়া দাও।

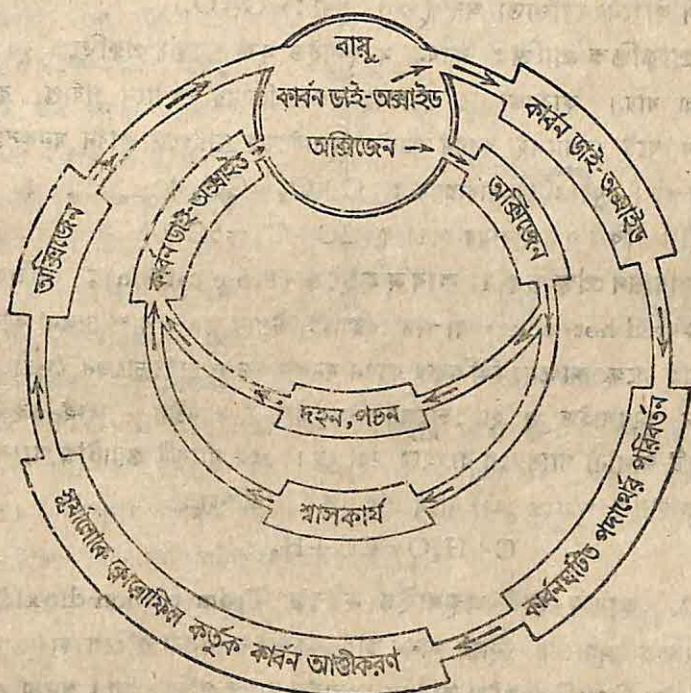
(ক) এরূপ পরীক্ষার ব্যবস্থা দিনের বেলায় সূর্যের আলোতে অনেকক্ষণ রাখিয়া দিলে পাতা হইতে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হইবে এবং পরীক্ষা-নলে জমা হইবে সেই অক্সিজেন গ্যাস। এই গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি দীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে।

দিনের বেলায় অক্সিজেন, রাত্রি বেলায় কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ

(খ) কিন্তু রাত্রিবেলায় সূর্যের আলোর অভাবে একই পরীক্ষা-নলে অক্সিজেনের পরিবর্তে উৎপন্ন হইবে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস। তাই, বীকারে চুন-জল মিশাইলে দ্রবণ ঘোলা হইয়া যাইবে।

উদ্ভিদ্ ছাড়া সমুদ্র জলও সর্বদা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শুষিয়া নেয় এবং তার ফলে কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস সমুদ্র-জলে দ্রবীভূত থাকে এবং কিছু গ্যাস সমুদ্র জলে বাই-কার্বনেট লবণ গঠন করে। সমুদ্র জল ছাড়া পাথর ও খনিজ পদার্থও সর্বদা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শুষিয়া নেয় এবং ধাতুর কার্বনেট গঠন করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) শোষণ: দেখা যায় বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড—(i) উদ্ভিদ্ খাদ্যরূপে গ্রহণ করে এবং সূর্যের আলো ও ক্লোরোফিলের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের কার্বন বিচ্ছিন্ন করিয়া পাতায় জলের সাহায্যে ও আলোক সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে এই কার্বনকে কার্বোহাইড্রেট যৌগে পরিণত করে, (ii) সমুদ্র জলে দ্রবীভূত হয় এবং (iii) পাথর ও খনিজ পদার্থও শুষিয়া নেয়। কিন্তু দেখা যায় বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণে বিশেষ কোন পরিবর্তন ঘটে না, মোট পরিমাণ স্থির থাকে। নিয়ত ব্যয় হওয়া সত্ত্বেও কিভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘাটতি দূর হয়?

কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) বর্জন : বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড যেমন একদিকে অবিরাম ব্যয় হয় আরেক দিকে আবার অবিরাম কার্বন ডাই-অক্সাইড ফেরৎ পাওয়া যায়। (i) জীব সর্বদা শ্বাসকার্যের প্রক্রিয়ায় এবং উদ্ভিদ্ প্রধানত রাত্রিবেলা অবিরাম কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ করে। (ii) কাঠ, কয়লা ও অন্যান্য জৈব পদার্থের দহন ও পচনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। (iii) সমুদ্রের জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবণের ফলে যে বাই-কার্বনেট লবণ তৈরী হয় বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ কমিয়া গেলে সেই বাই-কার্বনেট লবণ ভাঙ্গিয়া যায় এবং তার ফলে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী হয় তাহা আবার বায়ুতে মিশিয়া যায়।

কার্বন-চক্র (Carbon cycle) **:** এইভাবে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উদ্ভিদ, সমুদ্র-জল ও পাথরাদির শোষণের ফলে একদিকে অবিরাম ব্যয় হইয়া যায়, আবার অন্যদিকে জীব এবং উদ্ভিদের কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ,

কার্বন চক্র

জৈব পদার্থের দহনে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন, সমুদ্র-জলের কার্বন ডাই-অক্সাইড ত্যাগ ইত্যাদির ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের এরূপ আদান-প্রদান বা ক্ষয় ও পূরণের আবর্তনকে বলা হয় **কার্বন চক্র**। এই চক্রটিকে উপরে বর্ণিত চিত্রাকারে প্রকাশ করা যায়।

কার্বন মনক্সাইড

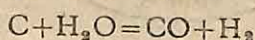
পরীক্ষা ঃ জ্বলন্ত উনানে বা বুনসেন দীপে অনেক সময় নীলাভ শিখা দেখা যায়। হাইড্রোজেন গ্যাসও জ্বলিবার সময় এরূপ নীল আভা সৃষ্টি করে। তাই অনেকদিন পর্যন্ত বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল যে কয়লা বা অঙ্গার জ্বালাইবার সময় যে নীল আভা দেখা যায় তার কারণ বোধ হয় হাইড্রোজেন গ্যাসের দহন। কিন্তু 1880 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ক্রাইকশ্যাংক প্রমাণ করেন যে, ইহার কারণ, কার্বন ডাই-অক্সাইড ছাড়া কার্বনের আর একটি অক্সাইডের উৎপাদন। অনেকদিন পর্যন্ত এই অক্সাইডটিকে কার্বনিক অক্সাইড বলা হইত। পরে ইহার নাম হয় কার্বন মনক্সাইড।

ইহার অণু একটি কার্বন ও একটি অক্সিজেন পরমাণুর সংযোগে গঠিত; যার ফর্মুলা—CO, এবং আণবিক ওজন $12+16=28$; বাষ্পঘনত্ব$=14$; এই যৌগে কার্বনের যোজ্যতা অসম্পৃক্ত। যথা :$=C=O$.

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি ঃ কার্বন মনক্সাইড মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে খুব কম পাওয়া যায়। কার্বনজাতীয় পদার্থের দহন ক্রিয়ায় যেখানে পর্যাপ্ত বায়ুর অভাব ঘটে সেখানেই কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে কার্বন মনক্সাইড তৈরী হয়। যথা : i) সাধারণত : $C+O_2=CO_2\uparrow$

(ii) কিন্তু পর্যাপ্ত বায়ুর অভাবে : $2C+O_2=5CO\uparrow$

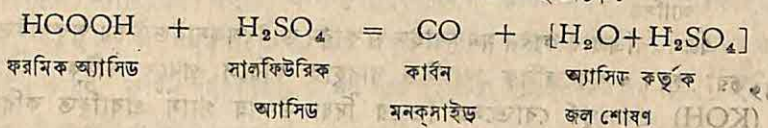
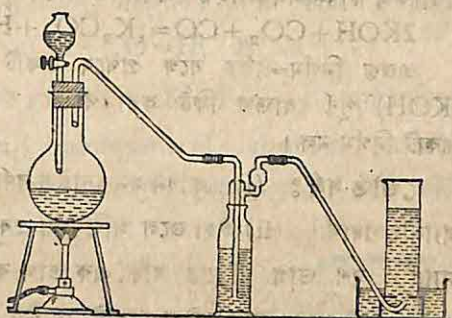
সাধারণ প্রস্তুতি ঃ 1. কার্বন হইতে (From carbon) **ঃ** অতিতপ্ত কোক (red hot coke) বা অঙ্গারের (C) উপরে জলীয় বাষ্প চালনা করিলে বাষ্পের সঙ্গে কার্বনের বিক্রিয়ায় কার্বন মনক্সাইড ও হাইড্রোজেন তৈরী হয়। কার্বন মনক্সাইড ও হাইড্রোজেন উভয় গ্যাসই দহনশীল। তাই, এই মিশ্র গ্যাসটি জ্বালানী গ্যাসরূপে ব্যবহার করা হয়। এই গ্যাসটি **ওয়াটার গ্যাস** বা **উদক গ্যাস** (water gas) নামে পরিচিত। বিক্রিয়া :

$$C+H_2O=CO+H_2$$

2. কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে (From carbon dioxide) **ঃ** অতি তপ্ত অঙ্গারের উপরে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া কার্বন মনক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। অঙ্গার একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ। তাই যে কোক বা অঙ্গার (C) পোড়াইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়, সেই গ্যাস আবার অতি তপ্ত অঙ্গারের উপরে চালনা করিলে কার্বন মনক্সাইড তৈরী হয়। বিক্রিয়া :

(i) $C+O_2=CO_2\uparrow$ এবং (ii) $CO_2+C=2CO\uparrow$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) :

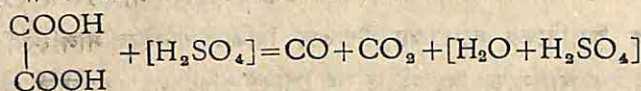
(i) ফরমিক অ্যাসিড একটি জৈব অ্যাসিড। ইহার ফর্মুলা—HCOOH. সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে স্বল্প উষ্ণতায় বিক্রিয়া ঘটাইলে সালফিউরিক অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিডের অণু হইতে জল শোষণ করিয়া লয় এবং তার ফলে উৎপন্ন হয় কার্বন মনক্সাইড গ্যাস। বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবে :

$HCOOH$	+	H_2SO_4	=	CO	+	$[H_2O + H_2SO_4]$
ফরমিক অ্যাসিড		সালফিউরিক অ্যাসিড		কার্বন মনক্সাইড		অ্যাসিড কর্তৃক জল শোষণ

প্রস্তুতি : (i) একটি ফ্লাস্কে কিছু ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া তাহার মুখে ছিপির ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) এবং নির্গম নল ফিট করিতে হয়। নির্গম-নলটি জল ভরা দ্রোণীতে রাখিয়া উহার মুখে একটি জল-ভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া বসাইতে হয়। বিন্দুপাতী ফানেলে ফরমিক অ্যাসিড লইতে হয় এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডসহ ফ্লাস্কটি 100°C তাপাংকে গরম করিয়া উহার মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফরমিক অ্যাসিড ফেলিতে হয়। ফ্লাস্কে কার্বন মনক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবে। এই গ্যাস নির্গম-নলের মাধ্যমে জল অপসারণ করিয়া গ্যাসজারে জমা হয় ; কারণ, কার্বন মনক্সাইড জলে অদ্রবণীয়।

কার্বন মনক্সাইড প্রস্তুতি

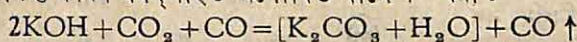
উৎপন্ন কার্বন মনক্সাইডে কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প থাকা সম্ভব। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ গ্যাস প্রস্তুত করিতে হইলে উৎপন্ন কার্বন মনক্সাইডকে প্রথমে কষ্টিক পটাশ (KOH) দ্রবণের মধ্য দিয়া ও পরে শুষ্ক করিবার জন্য ফসফরাস পেণ্টক্সাইড টিউবের মধ্য দিয়া চালিত করিতে হয়। শুষ্ক গ্যাস পারদ অপসারণ করিয়া গ্যাসজারে জমাইতে হয়।

(i) ফরমিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অক্জেলিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়াও কার্বন মনক্সাইড তৈরী করা হয়। মনে রাখিতে হইবে ফরমিক অ্যাসিড

একটি তরল কিন্তু অক্‌জেলিক অ্যাসিড কঠিন পদার্থ। সুতরাং এই ক্ষেত্রে ফ্লাস্কে অক্‌জেলিক অ্যাসিড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করিতে হয়।

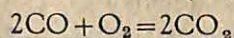
$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + [H_2O + H_2SO_4]$$

অক্‌জেলিক
অ্যাসিড

এরূপ বিক্রিয়ায় কার্বন মনক্‌সাইড ও কার্বন ডাই-অক্‌সাইড উভয় অক্‌সাইডই তৈরী হয়। অক্‌জেলিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে প্রথমে কষ্টিক পটাস (KOH) দ্রবণ-পূর্ণ বোতলের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্‌সাইড অপসারণের পরে জল অপসারিত করিয়া কার্বন মনক্‌সাইড সংগ্রহ করা হয়। কষ্টিক পটাশ কার্বন ডাই-অক্‌সাইড শোষণ করিয়া লয় কিন্তু কার্বন মনক্‌সাইড অশোষিত থাকে। যথা:

$$2KOH + CO_2 + CO = [K_2CO_3 + H_2O] + CO\uparrow$$

এজন্য নির্গম-নলের সঙ্গে প্রথমে একটি বা দুইটি ঘন কষ্টিক পটাশ দ্রবণ (KOH) পূর্ণ বোতল ফিট করা থাকে। শেষ বোতলের সঙ্গে যুক্ত থাকে একটি নির্গম নল।

ভৌত ধর্ম: (i) কার্বন মনক্‌সাইড বর্ণহীন ও স্বাদহীন হালকা গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। (ii) ইহা জলে অতি অল্প দ্রবণীয়। (iii) ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত গ্যাস। দশ ভাগ বায়ুতে যদি এক ভাগ কার্বন মনক্‌সাইড থাকে তবে এই গ্যাসে শ্বাস গ্রহণে আধ ঘণ্টার মধ্যেই প্রাণীর মৃত্যু ঘটে। (iv) স্বাভাবিক চাপে −191°C শীতলতায় ইহাকে তরল করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) **দহনশীলতা** (combustibility): কার্বন মনক্‌সাইড একটি দাহ্য পদার্থ বা দহনশীল গ্যাস। এই গ্যাসটি অন্য পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে না, নিজেই অগ্নিস্পর্শে হাইড্রোজেনের ন্যায় জ্বলিয়া ওঠে। কার্বন মনক্‌সাইড জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্‌সাইড গঠন করে। যথা:

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

পরীক্ষা: একটি কার্বন মনক্‌সাইড গ্যাস ভরা জারে অল্প চুনজল ঢাল। কার্বন মনক্‌সাইড সংস্পর্শে চুনজল স্বচ্ছ থাকিবে। এখন এই জারের মধ্যে একটি জলন্ত পাটকাঠি ধর। পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখায় জ্বলিতে আরম্ভ করিবে এবং তার ফলে কার্বন ডাই-অক্‌সাইড তৈরী হইবে। এখন জারে কিছু চুনজল ঢাল। চুনজল ঘোলা হইয়া যাইবে। কারণ, কার্বন ডাই-অক্‌সাইড ও চুনজল মিলিয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠিত হইবে।

(ii) **প্রবল বিজারণ ক্ষমতা** (reducing agent): কার্বন মনক্‌সাইড একটি প্রবল বিজারক পদার্থ। কার্বন মনক্‌সাইড জিংক, কপার, আয়রন

ইত্যাদি ধাতুর তপ্ত অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। যথা : $CuO + CO = Cu + CO_2$; $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$;

$ZnO + CO = Zn + CO_2$; $PbO + CO = Pb + CO_2$

(iii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে না** (No action with water) : ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শোষণের ফলে কার্বন মনক্সাইড গঠিত হয় বটে কিন্তু কার্বন মনক্সাইড ও জল একত্র করিলে ফরমিক অ্যাসিড গঠিত হয় না ; কারণ, কার্বন মনক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম নয়। ইহা একটি **প্রশম** গ্যাস (neutral gas)।

(iv) **সোডিয়াম ফর্মেট প্রস্তুতি :** 160°C তাপাংকে ও উচ্চতর চাপে ঘন কষ্টিক সোডা দ্রবণের মধ্যে কার্বন মনক্সাইড চালনা করিলে সোডিয়াম ফর্মেট গঠিত হয়। যথা : $NaOH + CO = HCOONa$

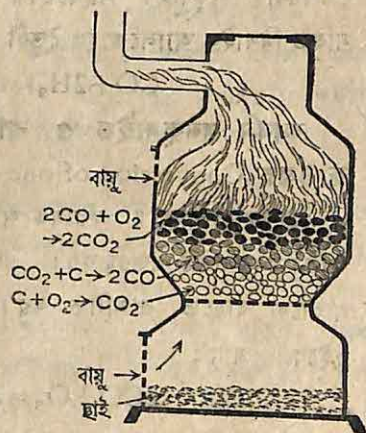
(v) **কার্বন মনক্সাইড শোষক** (absorbent) : অ্যামোনিয়ার কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণ (ammoniacal cuprous chloride $CuCl + NH_4OH$) কার্বন মনক্সাইড গ্যাস শোষণ করিয়া একটি জটিল যৌগ ($CuCl, CO, 2H_2O$) গঠন করে।

(vi) **উনানের নীলাভ শিখা** (burning of coal in oven) : কয়লার উনানে যে নীলাভ শিখা দেখা যায় তার কারণ কার্বন মনক্সাইডের প্রজ্বলন। প্রজ্বলিত উনানে কয়লা ও অক্সিজেনের বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

উনানে কয়লা প্রজ্বলনের বিক্রিয়া

(ক) উনানের তলায় বায়ু-মুখের (air hole) কাছে পর্যাপ্ত অক্সিজেন থাকায় এই স্থানে কয়লা পুড়িয়া প্রথমে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$C + O_2 = CO_2 \uparrow$$

(খ) এই কার্বন ডাই-অক্সাইড উনানের ভিতরকার অতি তপ্ত কয়লার

ভিতর দিয়া উপরের দিকে যাওয়ার সময় বিজারিত হইয়া কার্বন মনক্সাইডে পরিণত হয় যথা : $CO_2 + C = 2CO \uparrow$

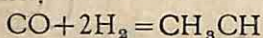
(গ) এই কার্বন মনক্সাইড গ্যাস উনানের উপরে নীলাভ শিখায় জলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। যথা : $2CO + C_2 = 2CO_2$

তাই উনানের উপরে নীলাভ শিখা দেখা যায়।

(vii) **কার্বনিল ক্লোরাইড ও সালফাইড গঠন :** কার্বন মনক্সাইড এবং ক্লোরিন সূর্যালোকে বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিষাক্ত কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজিন গ্যাস তৈরী করে। সালফার বাষ্পের সঙ্গে কার্বনিল সালফাইড গঠন করে। যথা : $CO + Cl_2 = COCl_2$; $CO + S = COS$

কার্বন মনক্সাইডে কার্বনের যোজ্যতা অসংপৃক্ত বলিয়া এরূপ যৌগ গঠিত হয়।

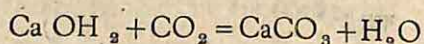
(viii) **জৈব যৌগ গঠন** (Formation of organic compounds) **:** 358°C তাপাংকে নিকেল বা প্লাটিনাম অনুঘটকের সাহায্যে হাইড্রোজেনের সহিত ক্রিয়ায় মিথেন গঠিত হয় ($2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2$)। জিংক ও ক্রোমিয়াম অক্সাইড অনুঘটকের সংস্পর্শে 350°C তাপাংকে হাইড্রোজেনের সহিত মিথাইল অ্যালকোহল তৈরী হয়।

$$CO + 2H_2 = CH_3CH$$

কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের পারস্পরিক রূপান্তর Conversion of one oxide to the other) **:**

প্রথম পরীক্ষা : ফরমিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন মনক্সাইড তৈরী কর। এই কার্বন মনক্সাইড গ্যাস জলন্ত পাটকাঠির সাহায্যে বায়ুতে প্রজ্বলিত কর। ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইবে। যথা :

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

এই প্রজ্বলিত গ্যাস চুনজলের মধ্যে চালাও। চুনজল ঘোলা হইয়া যাইবে। কারণ, কার্বন মনক্সাইড প্রজ্বলনে প্রাপ্ত কার্বন ডাই-অকসাইড চুনজলের সঙ্গে ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠন করিবে। যথা :

$$Ca\ OH\ _2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

দ্বিতীয় পরীক্ষা : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও মার্বেলের বিক্রিয়া ঘটাইয়া কীপস্ যন্ত্রের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী কর। এই কার্বন

ডাই-অক্সাইড অগ্নিতপ্ত চারকোলপূর্ণ নলের ভিতর দিয়া চালাও। কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনক্সাইডরূপে বিজারিত হইবে। যথা:

$$C + CO_2 = 2CO$$

নল হইতে নির্গত এই গ্যাস চুনজলের মধ্যে প্রবাহিত কর। চুনজল ঘোলা হইবে না।

[যুতযৌগ গঠন (additive compound) জৈব রসায়নের অধ্যায়ে তৃতীয় খণ্ডে দ্রষ্টব্য।]

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনক্সাইডের তুলনা

ধর্ম	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	কার্বন মনক্সাইড (CO)
1. বর্ণ ও গন্ধ	বর্ণহীন ও অম্লগন্ধযুক্ত গ্যাস।	বর্ণহীন ও হাল্কা-গন্ধযুক্ত গ্যাস।
2. বাষ্প ঘনত্ব	বায়ুর চেয়ে দেড়গুণ ভারী। বাষ্প ঘনত্ব=22	বায়ুর প্রায় সমান ভারী। বাষ্প ঘনত্ব=14
3. প্রকৃতি	বিষাক্ত নয়, কিন্তু ইহাতে শ্বাস নেওয়া যায় না।	বিষাক্ত বলিয়া ইহাতে শ্বাস নিলে মৃত্যু ঘটে।
4. দহনশীলতা	নিজে জ্বলে না, অন্যকেও জ্বলিতে সাহায্য করে না, অর্থাৎ দাহক বা দহনশীল নয়।	দহনশীল বলিয়া নিজেই নীলাভ শিখায় জ্বলে, অন্যকে জ্বলিতে সাহায্য করে না।
5. তরলীকরণ	উচ্চতাপ ও শীতলতায় তরল ও কঠিন শুষ্ক বরফে পরিণত করা যায়।	—191°C শীতলতায় ও স্বাভাবিক চাপে তরল করা যায়।
6. জলের সঙ্গে বিক্রিয়া	ইহা অ্যাসিডিক অক্সাইড বলিয়া জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। $H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড) ইহা অস্থায়ী, উত্তাপে আবার জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়।	জলে অতি সামান্য দ্রবণীয়,—জলীয় দ্রবণে কোন অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায় না। কারণ, ইহা একটি প্রশম অক্সাইড (neutral) গ্যাস।

ধর্ম	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	কার্বন মনক্সাইড (CO)
7. ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া	ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাই-কার্বনেট লবণ গঠন করে : $CO_2+2NaOH$ $=Na_2CO_3+H_2O$ $Na_2CO_3+CO_2+H_2O$ $=2NaHCO_3$ $CO_2+C_3(OH)$ $=CaCO_3+H_2O$ $CaCO_3+CO_2+H_2O$ $=Ca(HCO_3)_2$	সাধারণ অবস্থায় কোন বিক্রিয়া ঘটে না। উত্তপ্ত ও উচ্চতর চাপের ঘন $NaOH$-এর সঙ্গে CO-এর বিক্রিয়ায় সোডিয়াম ফর্মেট গঠিত হয়। $NaOH+CO$ $=HCOONa$
8. চুন-জল	চুন-জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় চুন-জল ঘোলা হইয়া যায়। $CO_2+Ca(OH)_2$ $=CaCO_3+H_2O$	কোন বিক্রিয়া হয় না।
9. জারণ বা বিজারণ	বিজারণ ক্ষমতা নাই বরং নিজেই বিজারিত হইয়া যায় : $C+CO_2=2CO$ জ্বলন্ত Mg দ্বারা বিজারিত হয়। $2Mg+CO_2$ $=2MgO+C$	একটি সক্রিয় বিজারক $CuO+CO$ $=Cu+CO_2$ $ZnO+CO=Zn+CO_2$ Fe_2O_3+3CO $=2Fe+3CO_2$
10. শোষক	কষ্টিক পটাশ ও কষ্টিক সোডা দ্বারা শোষিত হয়। $CO_2+2NaOH$ $=Na_2CO_3+H_2O$	কিউপ্রাস ক্লোরাইডের অ্যামোনিয়া মিশ্রিত দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়। $(CuCl, CO, 2H_2O)$
11. যুত-যৌগ গঠন	এই যৌগে কার্বনের যোজ্যতা সম্পৃক্ত বলিয়া কোন যুত-যৌগ গঠিত হয় না।	এই যৌগে কার্বনের যোজ্যতা অসম্পৃক্ত বলিয়া ক্লোরিনের সঙ্গে কার্বনিল ক্লোরাইড গঠিত হয়। $CO+Cl_2=COCl_2$

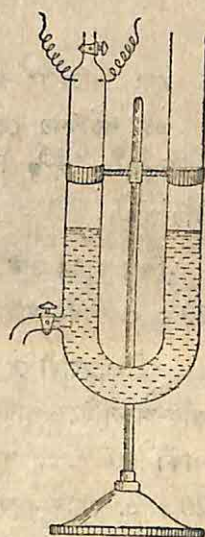
কার্বন মনক্সাইড সনাক্তকরণ (test) : (i) ইহা নীলাভ শিখায় প্রজ্বলিত হয় এবং প্রজ্বলনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে (CO_2) পরিণত হইয়া চুন-জল ঘোলা করে।

(ii) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের অ্যামোনিয়া লবণ ($CuCl+NH_4OH$) কার্বন মনক্সাইড গ্যাস শোষণ করে।

ব্যবহার : (i) জালানী গ্যাস তথা উদক গ্যাস ও প্রডিউসার গ্যাসরূপে (ii) বিজারক পদার্থরূপে, (iii লোহা, নিকেল, জিংক, ম্যাগনেসিয়াম ও অন্যান্য ধাতু নিষ্কাশনের প্রয়োজনে, (iv) মিথেন ও মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করার জন্য এবং (v) কৃত্রিম তরল জালানী প্রস্তুত করার জন্য কার্বন মনক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

কার্বন মনক্সাইডের আয়তনিক গঠন

(Composition of carbon monoxide by volume)

পরীক্ষা (Expt.) : মার্কারী অপসারিত করিয়া একটি ইউডিয়োমিটারের আবদ্ধনলে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কার্বন মনক্সাইড ভরা হইল। দুই নলে মার্কারীর সমতল সমান করিয়া দেখা গেল যে গৃহীত কার্বন মনক্সাইডের আয়তন 20 c. c.। ইহার পরে ইউডিয়োমিটারে আরও 20 c. c. বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন ভরা হইল। ইউডিয়োমিটারে কাচের দেওয়ালে যে দুইটি প্লাটিনাম তার সংযুক্ত থাকে তার সাহায্যে এই মিশ্র গ্যাসের মধ্যে ব্যাটারীর সাহায্যে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ ঘটাইবার ফলে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠিত হয়। দুই নলে মার্কারীর তল সমান করার পরে দেখা যায় যে বিক্রিয়ার পরে গ্যাসের আয়তন দাঁড়াইয়াছে 30 c. c. ; তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের পরে খোলা-মুখ নলটিতে অতিরিক্ত মার্কারী ঢালিয়া সম্পূর্ণভাবে ভরা হইল এবং মার্কারীর মাথায় এক খণ্ড কষ্টিক পটাশ (KOH) রাখিয়া খোলা মুখ বন্ধ করিয়া ইউডিয়োমিটার উপুড় করা হইল।

ইউডিয়োমিটার

ইহার ফলে কষ্টিক পটাশখণ্ড মিশ্রিত গ্যাস ভরা নলে প্রবেশ করিল এবং আবদ্ধ নলের কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া গ্যাসের আয়তন হ্রাস করিল।

খোলা নলের অতিরিক্ত মার্কারী পার্শ্ব-নলের সাহায্যে ফেলিয়া দিয়া দুই নলে মার্কারির সমতল এক করিয়া দেখা গেল যে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 10 c.c.। কার্বন মনক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের পর যে অক্সিজেন অবশিষ্ট রহিয়াছে তাহাই এই 10 c.c. গ্যাস। পরীক্ষায় দেখা যায় যে এই গ্যাসের মধ্যে লাল তপ্ত কাঠি জ্বলিয়া ওঠে, নাইট্রিক অক্সাইডের (NO) সংযোগে এই গ্যাস বাদামী নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গঠন করে এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে অবশিষ্ট গ্যাস অক্সিজেন।

(ii) **পর্যবেক্ষণ**ঃ গৃহীত কার্বন মনক্সাইডের আয়তন = 20 c. c.

মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন = 20 c. c.

বিক্রিয়ার পরে অবশিষ্ট (CO_2 + অব্যবহৃত O_2) গ্যাসের আয়তন

= 30 c. c.

KOH শোষণের পরে অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন = 10 c. c.

সুতরাং বিক্রিয়ায় গঠিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন

= (30 − 10) = 20 c. c.

এবং বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = (20 − 10) = 10 c. c.

এই পরীক্ষায় দেখা যায় যে 20 c. c. কার্বন মনক্সাইড 10 c. c. অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া 20 c. c. কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠন করিয়াছে।

কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সম আয়তন অক্সিজেন বর্তমান অর্থাৎ 20 c. c. কার্বন ডাই-অক্সাইডে 20 c. c. অক্সিজেন বর্তমান।

পরীক্ষানুযায়ী দেখা যায় যে, 20 c. c. কার্বন মনক্সাইডকে 20 c.c. কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করিতে 10 c. c. অক্সিজেন ব্যয় হইয়াছে। সুতরাং বাকী 10 c. c. অক্সিজেন আসিয়াছে কার্বন মনক্সাইড হইতে। অর্থাৎ 20 c. c. কার্বন মনক্সাইডে রহিয়াছে 10 c. c. অক্সিজেন।

(iii) **পরীক্ষার সিদ্ধান্ত**ঃ এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে **কার্বন মনক্সাইড গ্যাসে নিজস্ব আয়তনের অর্ধেক আয়তনে অক্সিজেন বর্তমান** (carbon monoxide contains half its volume of oxygen)।

(iv) **ফর্মুলা নির্ণয়ঃ** পরীক্ষায় দেখা যায় যে,

2 আয়তন কার্বন মনক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন বর্তমান। মনে করা যাক যে, এক আয়তন গ্যাসে 'n' সংখ্যক অণু বর্তমান। সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী,

$2n$ অণু কার্বন মনক্সাইডে n অণু অক্সিজেন বর্তমান। অথবা 2 অণু কার্বন মনক্সাইডে 1 অণু অক্সিজেন বর্তমান। অথবা, 1 অণু কার্বন মনক্সাইডে $\frac{1}{2}$ অণু বা 1 পরমাণু অকসিজেন বর্তমান। সুতরাং কার্বন মনক্সাইডে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা যদি হয় x, তবে ইহার ফর্মুলা হইবে—C_xO

কার্বন মনক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব নির্ণয়ের পরীক্ষায় দেখা যায় ইহার বাষ্প ঘনত্ব $=14$

∴ কার্বন মনক্সাইডের আণবিক ওজন $=2\times14=28$

তাই, লেখা যায় যে আণবিক ওজন অনুসারে $C_xO=28$

অথবা, $12x+16=28$

[কার্বনের পাঃ ওঃ $=12$, অক্সিজেনের পাঃ ওঃ $=16$]

∴ $x=1$

সুতরাং কার্বন মনকসাইডের সংকেত বা ফর্মুলা CO

প্রশ্ন

1. ল্যাবরেটরীতে কার্বন ডাই-অক্সাইড কিভাবে তৈরী করা হয়? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। কার্বন ডাই-অক্সাইডের চারিটি প্রধান প্রধান ধর্ম এবং দুই প্রকার ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে এবং পাল্টাভাবে উহাদের কি করিয়া পরিবর্তন করিবে? [H. S. Exam. 1961]

2. কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাণিজ্যিক উৎপাদনের বিবরণ সহ চুল্লীর চিত্র অঙ্কন করিয়া বর্ণনা কর।

কি পরিবর্তন হইবে, সমীকরণ সহ বিবৃত কর :

(*a*) চুন-জলের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে ;

(*b*) অ্যামোনিয়া দ্বারা সংপৃক্ত সাধারণ লবণের দ্রবণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালিত করিলে ?

কার্বনের বিবর্তন-চক্র সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ।

[H. S. Exam., 1962 ; '66 (compart.)]

3. একটি পরীক্ষা দ্বারা বর্ণনা কর যাহাতে প্রমাণিত হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সম-আয়তন অক্সিজেন বর্তমান।

এই পরীক্ষার সিদ্ধান্ত এবং অন্যান্য তথ্যাদির প্রয়োজনীয়তা উল্লেখপূর্বক দেখাও কি প্রকারে গ্যাসটির ফর্মুলা নির্ণয় করা যায়। [H. S. Exam. 1963]

4. কি পরিবর্তন হইবে, সমীকরণ সহ বর্ণনা কর :—

(*a*) ক্যালসিয়াম কার্বনেট বেশি মাত্রায় উত্তপ্ত করিলে ;

(*b*) ঘন সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করিলে ;

(*c*) লোহিত তপ্ত কার্বন স্তরের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইভ গ্যাস চালিত করিলে ;

(*d*) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসপূর্ণ জারে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম প্রবেশ করাইলে।

প্রত্যেক ক্ষেত্রে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের (কঠিন, তরল বা দ্রবণ, গ্যাসীয়) বর্ণ ও অবস্থা উল্লেখ কর এবং উপরোক্ত (*d*) প্রশ্নে লক্ষণীয় পরিবর্তনের বর্ণনা কর। [H. S. Exam. (compart) 1961]

4. রসায়নাগারে এবং বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অকসাইড প্রস্তুতির বর্ণনা কর। প্রয়োজনীয় যন্ত্রের চিত্র অঙ্কন কর এবং সমীকরণ দাও।

কি পরিবেশে কার্বন-অক্সাইড (*a*) অঙ্গার ও (*b*) ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া ঘটায় এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি কি কি ?

[H. S. Exam. 1966]

5. (*a*) একটি পরীক্ষা সহ বর্ণনা কর যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সম আয়তন অক্সিজেন বর্তমান।

(*b*) একটি সরল অগ্নি নির্বাপকের নীতি ব্যাখ্যা কর।

(*c*) নিম্নোদ্ধৃত বিক্রিয়াগুলির সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর :—

(i) জলে স্থিত ক্যালসিয়াম কার্বনেটের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করাইলে।

(ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসপূর্ণ জারে ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা পোড়াইলে। [H. S. Exam. 1967]

7. চুনা পাথর হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে H_2SO_4-এর পরিবর্তে HCl ব্যবহার করা হয় কেন উহার ব্যাখ্যা কর।

[Engineering Degree Entr. Exam. 1964]

8. রসায়নাগারে কার্বন মনক্সাইডের প্রস্তুতি, বিশুদ্ধকরণ, ও সংগ্রহের বর্ণনা কর। ইহার ধর্মের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর। কার্বন মনক্সাইডের দুই প্রকার ব্যবহার উল্লেখ কর।

[H. S. Exam. 1960,' 63, '66 (compt.)]

হাইড্রোজেন ভরা একটি গ্যাস জার হইতে কি প্রকারে কার্বন মনক্সাইডপূর্ণ একটি গ্যাস জারের পার্থক্য নির্ণয় করিবে ? [H. S. Exam. 1963]

9. রসায়নাগারে কার্বন মনক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। কি প্রকারে (*a*) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও (*b*) হাইড্রোজেন হইতে এই গ্যাসের পার্থক্য বুঝিতে পারিবে ?

কার্বন মনক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড, এই দুইটি গ্যাসের মিশ্রণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন মনক্সাইড গ্যাসের নমুনা—একটি হইতে আরেকটি মুক্ত অবস্থায় পাইবে ? [H. S. (compt.) 1962, '64,' 66]

10. কার্বন মনক্সাইড গ্যাসে নিজস্ব আয়তনের অর্ধেক আয়তন অক্সিজেন বর্তমান—এই সিদ্ধান্ত কোন্ পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায় তাহার বর্ণনা কর। কার্বন মনক্সাইডের বাষ্প ঘনত্ব দেওয়া আছে 14 ; দেখাও যে ইহা হইতে গ্যাসটির ফর্মুলা নির্ণয় করা যাইতে পারে। [H. S. Exam. 1964]

11. কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের আয়তন হিসাবে সংযুতি একটি পরীক্ষা দ্বারা বর্ণনা কর।

এরূপ একটি পরীক্ষায় দেখা গেল যে 0·66 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড 0·18 গ্রাম কার্বন হইতে পাওয়া যায়। এই সিদ্ধান্ত হইতে গ্যাসটির ফর্মুলা কি প্রকারে নির্ণয় হইতে পারে লিখ। [H. S. Exam. 1963]

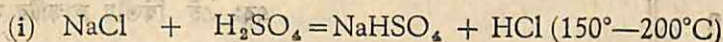
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তথা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

পরিচয়ঃ 1648 খ্রীষ্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী গ্লবার সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সাধারণ লবণ (common salt) জাল দিয়া এক তেজী অ্যাসিড তৈরী করিতে সক্ষম হন। লবণ হইতে পাওয়া যায় বলিয়া অ্যাসিডের নাম দেওয়া হইল **লবণের নির্যাস বা স্পিরিট অফ সল্ট** (sprit of salt)। সামুদ্রিক লবণ হইতে অ্যাসিড তৈরী করা যায় বলিয়া প্রিষ্টলী অ্যাসিডটির নামকরণ করেন—**সামুদ্রিক অ্যাসিড বা মিউরিয়েটিক অ্যাসিড** (muriatic acid)।

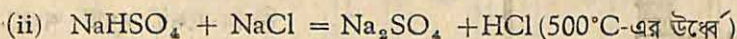
বিজ্ঞানী হামফ্রে ডেভি (Davy) প্রমাণ করেন যে এই লবণের নির্যাস বা সামুদ্রিক অ্যাসিড ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন একটি যৌগিক পদার্থ। তিনি এরূপ যৌগিক পদার্থের নাম দেন **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড**। ইহা অ্যাসিড বলিয়া পরে এই যৌগটির নাম হয়—**হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড**।

প্রাকৃতিক প্রাপ্তিঃ খাদ্য পরিপাকের জন্য যে অ্যাসিডটি নিত্য আমাদের পরিপাক যন্ত্রের মধ্যে তৈরী হয়, যে অ্যাসিডের লবণ অপর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায় সমুদ্র জলে এবং শিল্পজগতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরেই যে অ্যাসিডটির গুরুত্ব বেশি, তারই নাম—**হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড**। ক্লোরিনের যৌগরূপে ইহার আর এক নাম - **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড**। জীবদেহের পরিপাক যন্ত্র এবং আগ্নেয়গিরির গ্যাসে কিছুটা মুক্ত অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু এই অ্যাসিডের প্রধান ভাণ্ডার সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) ও অন্যান্য ক্লোরাইড লবণ। সমুদ্রজলে প্রায় 2·5 শতাংশ লবণ পাওয়া যায়। সমুদ্রজল বাষ্পায়িত করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড সংগ্রহ করা হয়। রাজপুতনার সম্বর হ্রদে প্রচুর পরিমাণে লবণ পাওয়া যায়। গ্রীষ্মকালে জল শুকাইলে লবণ দানার আকারে জমিয়া ওঠে। ইহাকে শাকম্বরী লবণ বলে। পাঞ্জাবে কঠিন খনিজ পদার্থরূপে লবণ পাওয়া যায়। ইহাকে বলে সৈন্ধব লবণ। ইহাতে স্বল্প পরিমাণে লোহার অক্সাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহা দেখিতে ঈষৎ লালাভ। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ফর্মুলা—HCl এবং ইহার আণবিক ওজন 36·5 ; ইহার প্রধান লবণ - সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং ফর্মুলা $NaCl$.

অ্যাসিড প্রস্তুতিঃ রাসায়নিক পদ্ধতি (Chemical principles of preparation)ঃ সোডিয়াম ক্লোরাইডের (NaCl) সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈরী হয়। কারণ, সালফিউরিক অ্যাসিডের চেয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বেশী উদ্বায়ী। বিক্রিয়াটি ঘটে দুই ধাপে। স্বল্প উত্তাপে (150°C – 300°C) এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও সোডিয়াম বাই-সালফেট ($NaHSO_4$) তৈরী হয় এবং উচ্চ তাপে অর্থাৎ 500°C তাপাংকের উর্ধ্বে সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) তৈরী হয়।

রসায়নাগারে ও বৃহদায়তন উৎপাদনের পন্থায় এরূপ একই রকম বিক্রিয়া কার্যকরী করা হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে এইভাবেঃ

(i) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (150°—200°C)

সোডিয়াম ক্লোরাইড | সালফিউরিক অ্যাসিড | সোডিয়াম বাই-সালফেট | হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

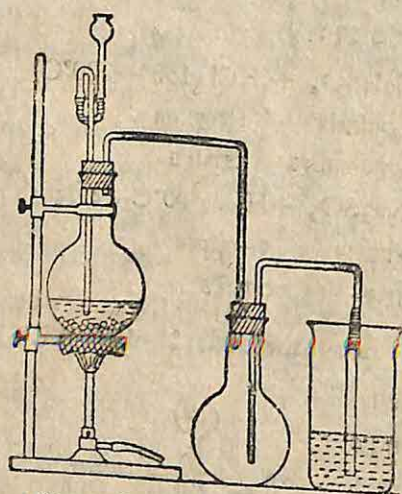
(ii) $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (500°C-এর উর্ধ্বে)

সোডিয়াম বাই-সালফেট | সোডিয়াম ক্লোরাইড | সোডিয়াম সালফেট | হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

রসায়নাগারে প্রস্তুতি (Laboratory method)ঃ একটি ফ্লাস্কে দীর্ঘ-নল ফানেল ও নির্গম-নল ফিট কর। ফ্লাস্কে অল্প পরিমাণে সাধারণ লবণ লও। দীর্ঘ-নল ফানেলের মাধ্যমে লবণের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। প্রথমে বিনা তাপেই বিক্রিয়া শুরু হয়। পরে সামান্য উত্তপ্ত করিলে দ্রুত ফ্লাস্ক হইতে বর্ণহীন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নির্গত হইবে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। তাই, জল সরাইয়া এই গ্যাসটি সংগ্রহ করা সম্ভব নয়। গ্যাসটি বায়ুর চেয়ে ভারী।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

সেজন্য গ্যাসটি জারের বায়ু উর্ধ্বমুখে সরাইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস সরাসরি ভাবে সংগ্রহ করা হয়।

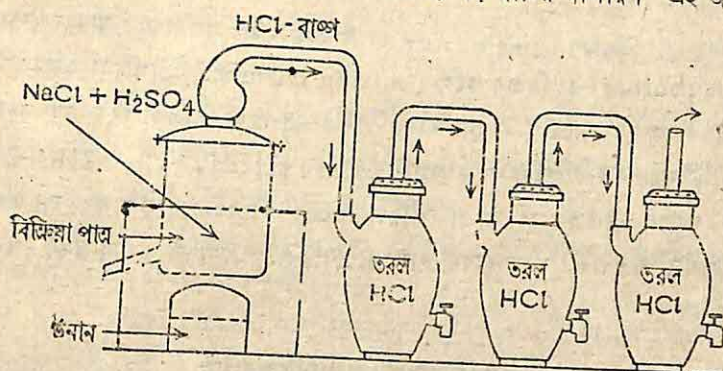
হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ (Solution of HCl) : সাধারণত রসায়নাগারে ও শিল্পের কাজে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় তাহা হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ। জলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এত বেশি দ্রবণীয় যে 1 c.c. জলে প্রায় 450 c.c. অ্যাসিড-গ্যাস দ্রবীভূত করা যায়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকেই **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড** বলা হয়।

পরীক্ষা : একটি ফ্লাস্কে দীর্ঘ-নল ফানেল ও নির্গম-নল ফিট করিয়া তার-জালের উপরে রসায়নাগারের পদ্ধতিতে যন্ত্র সাজাও। নির্গম-নলটি আর একটি খালি ফ্লাস্কের মুখে ফিট কর এবং এই দ্বিতীয় ফ্লাস্কটির মুখে দ্বিতীয় আরেকটি দুই-সমকোণে বাঁকানো নির্গম-নল ফিট কর। এই নির্গম-নলের মুখটি অথবা এই মুখটিতে একটি ফানেল লাগাইয়া তাহা একটি জল-ভরা বিকারে রাখ। বিক্রিয়া ফ্লাস্কে (reacting flask) দীর্ঘনল ফানেলের মাধ্যমে ফ্লাস্কে রক্ষিত সাধা ণ লবণের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল এবং ধীরে ধীরে সামান্য উত্তপ্ত কর। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস তৈরী হইবে এবং ইহা খালি ফ্লাস্কের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া বীকারের জলে দ্রবীভূত হয় এবং এইভাবে তৈরী হয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি

সতর্কতা (Precaution) : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে খুব বেশি মাত্রায় দ্রবণীয়। তাই বিক্রিয়া-ফ্লাস্ক হইতে সরাসরিভাবে নির্গম-নল বীকারের জলে ডুবাইয়া রাখিলে **পশ্চাৎ-শোষণের** ফলে বিক্রিয়া ফ্লাস্কে জল ঢুকিয়া বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। বিক্রিয়া-ফ্লাস্কে যাহাতে জল ঢুকিতে না পারে সেজন্য মাঝপথে অপর একটি ফ্লাস্ক ব্যবহার করা হয়।

বৃহদায়তন উৎপাদন বা শিল্প পদ্ধতি

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বৃহদায়তনে (large scale or commercial process) প্রস্তুত করা হয় (i) সাধারণ লবণ হইতে এবং (ii) সংশ্লেষণী পন্থায় বা সংযুতি প্রণালীতে (synthetic process)।

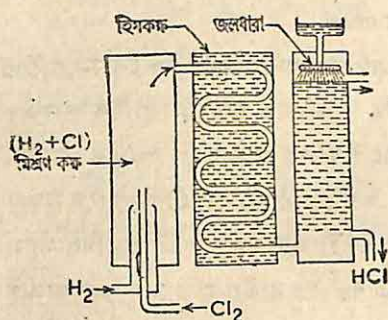
1. **সাধারণ লবণ হইতে** (From common salt) : রসায়নাগারের একই রাসায়নিক প্রণালীতে বৃহদায়তন পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। [বিক্রিয়া রসায়নাগারের পদ্ধতির অনুরূপ]। বড় বড় লোহার বিক্রিয়া পাত্রে লবণ ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড প্রায় 500°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী করা হয়। এই অ্যাসিড গ্যাস নলাকার পথে প্রবাহিত হইয়া প্রবেশ করে বড় বড় মাটির জালায়। এই জালায়

সাধারণ লবণ হইতে HCl প্রস্তুতি

জল ভরা থাকে এবং জালায় রক্ষিত জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

সোডা প্রস্তুত করার সময় লে ব্ল্যাংক পদ্ধতিতে উপজাত দ্রব্যরূপে প্রচুর পরিমাণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত হইত। সংবৃত চুল্লীতে বা মাফল্ ফার্নেসে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়াও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

[তৃতীয় খণ্ড—194 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য]

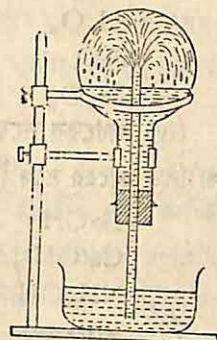
বৃহদায়তন পন্থায় প্রস্তুত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিছু অবিশুদ্ধ। ইহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড, আয়রন ও আরসেনিক ক্লোরাইড, মুক্ত ক্লোরিন, সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি থাকে। এই অবিশুদ্ধতার জন্য অ্যাসিডের বর্ণ কিছুটা হরিদ্রাভ দেখায়।

2. **সংশ্লেষণী পন্থা বা সংযুতি প্রণালী** (Synthetic process) : পূর্বে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করার সময় **উপজাত** (by-product) দ্রব্যরূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত। এখন প্রধানত সরাসরিভাবে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস সংযুক্ত করিয়া বৃহদায়তনে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। কষ্টিক সোডা প্রস্তুত করার সময় প্রচুর পরিমাণে ক্লোরিন বা হাইড্রোজেন উপজাত পদার্থরূপে তৈরী হয়। সম-আয়তনে এই ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেন সিলিকা দ্বারা তৈর বার্নার (burner) বা মিশ্রণ কক্ষে (mixing chamber) চালানো হয়। এই মিশ্রণ-কক্ষের ভিতরে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে এবং তার ফলে উৎপন্ন হয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস। যথা : $H_2 + Cl_2 = 2HCl \uparrow$; এই গ্যাসে শীতলকক্ষে ঠাণ্ডা করিয়া জলের ধারায় দ্রবীভূত করা হয় এবং প্রয়োজন অনুযায়ী ঘন করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তৈরী করা হয়।

সংশ্লেষণী পন্থায় HCl প্রস্তুতি

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি (i) বর্ণহীন ঝাঁঝাল-গন্ধী গ্যাস, (ii) চাপ ও হিমতায় এই গ্যাসটিকে প্রথমে তরল ও পরে কঠিন পদার্থেও পরিণত করা যায়, (iii) গ্যাসটি বায়ুর চেয়ে ভারী (বাষ্প ঘনত্ব 18·25) এবং (iv) জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়। বাণিজ্যিক প্রয়োজনে বা রসায়নাগারে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় তাই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের জলীয় দ্রবণ।

ঝর্ণা-পরীক্ষা (Fountain experiment) : একটি বাটিতে আধবাটি জল লও এবং জলে নীল লিটমাস মিশাও। একটি ফ্লাস্ক লও তার মধ্যে রবারের ছিপির সাহায্যে ছুঁচল মুখ একটি লম্বা নির্গম-নল ফিট কর। এই শুষ্ক ফ্লাস্কটিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ভর। গ্যাস-ভরা ফ্লাস্কটি চিত্রাকারে জলের বাটির উপরে ধারকের সাহায্যে উপুড় করিয়া ফিট কর। এখন ফ্লাস্কটির

গায় অল্প পরিমাণে ইথার ঢালিয়া ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা কর। ফ্লাস্কের মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস আয়তনে সামান্য সংকুচিত হইবে। তার ফলে জলের বাটির একটু জল যেই গ্যাস-ভরা ফ্লাস্কে ঢুকিয়া পড়িবে অমনি ঝর্ণাধারায় বাটির নীল জল গ্যাসভরা ফ্লাস্কে ঢুকিয়া লাল হইয়া যাইবে। [পরীক্ষার ব্যবস্থা অ্যামোনিয়ার ঝর্ণা-পরীক্ষার সঙ্গে তুলনীয়।]

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণীয়তা পরীক্ষা

(v) সিক্ত বায়ুতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ধূমায়িত হয়।

পরীক্ষা ঃ একটি গ্যাস ভরা জারের মুখ খুলিয়া দাও। গ্যাসটি ধোঁয়ার আকারের জার হইতে বাহির হইয়া যাইবে।

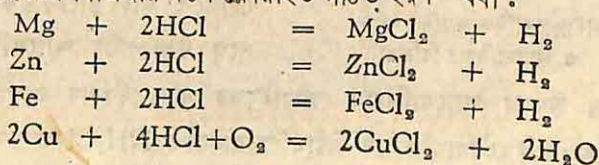
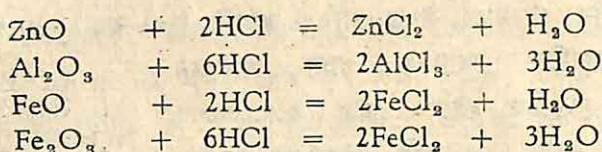
রাসায়নিক ধর্ম ঃ (i) **দহনশীলতা** (combustibility) ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস নিজে জলে না, অন্য পদার্থকেও জলিতে সাহায্য করে না। অর্থাৎ, ইহা দাহক বা দহনশীল নয়।

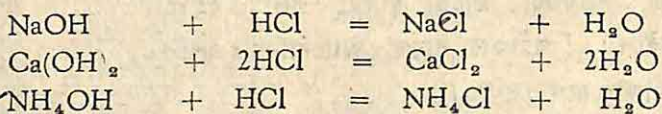
পরীক্ষা ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসভরা জারে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ঢুকাও। পাটকাঠি নিভিয়া যাইবে, গ্যাসও জ্বলিবে না।

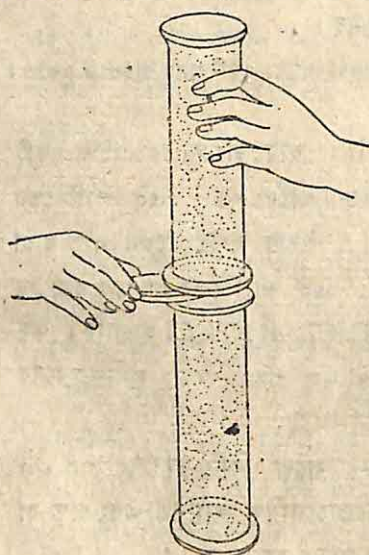
(ii) **তেজী অ্যাসিড** (Strong acid) ঃ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি তেজী অ্যাসিড। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড স্বাদে অম্ল। এই অ্যাসিডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। ইহার হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া ক্লোরাইড গঠন করে। এই অ্যাসিডের লবণকে বলা হয় **ক্লোরাইড**। যথা ঃ $NaCl$, $MgCl_2$, $CaCl_2$ বা NH_4Cl ইত্যাদি। এই অ্যাসিড ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে ঃ জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব। যথা ঃ $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

(iii) **ধাতু ও ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on metal and metallic oxides) ঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং ধাতু বা ধাতুর অক্সাইডের বিক্রিয়ার ফলে ক্লোরাইড গঠিত হয়। যথা ঃ

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$
$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$
$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$
$$2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$$

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$
$$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$$
$$FeO + 2HCl = 2FeCl_2 + H_2O$$
$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_2 + 3H_2O$$

(iv) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action with alkali) : হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল প্রস্তুত করে।

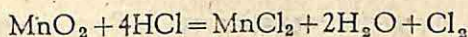
$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$
$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

(v) **অ্যাকোয়া রিজিয়া** (Aqua regia) : 3 আয়তন ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও 1 আয়তন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে অ্যাকোয়া রিজিয়া বলে। সোনা ও প্লাটিনাম ধাতু কোন অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু অ্যাকোয়া রিজিয়াতে দ্রবীভূত হয়।

(vi) **নিশাদল বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড** (Ammonium chloride) : অ্যামোনিয়া গ্যাস ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের সংযোগে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বা নিশাদল নামে একটি **কঠিন** পদার্থ গঠিত হয়।

যথা : $NH_3 + HCl \rightleftharpoons NH_4Cl$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ও অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া

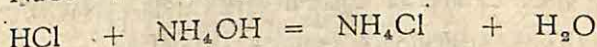
পরীক্ষা : একটি গ্যাস-জারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) গ্যাস ভর। আরেকটি জারে কয়েক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH) ফেলিয়া জারটি ভিজাইয়া লও। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মাখা জারটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ভরা জারের নিচে, মুখোমুখি করিয়া বসাইয়া দাও। দেখিবে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ঊর্ধ্বগামী অ্যামোনিয়া গ্যাসের মিশ্রণে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়ায় জার দুইটি ভরিয়া গিয়াছে। এই ধোঁয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) সূক্ষ্ম কণা বর্তমান।

(viii) **অ্যাসিডের জারণ** (Oxidation of HCl) : উত্তপ্ত অবস্থায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে। যথা :

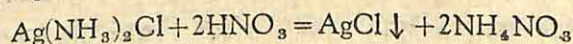
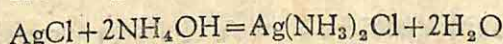
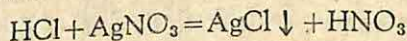
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অস্তিত্ব (Presence of hydrogen and chlorine in hydrochloric acid) : (ক) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে জিংক দানা মিশাও। হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে। (খ) একটি ফ্লাস্কে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে কালো ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) মিশাইয়া উচ্চতাপে উত্তপ্ত কর। সবুজ ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হইবে। এই পরীক্ষা দুইটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) **সনাক্তকরণ** (test) : (i) একটি পরীক্ষা-নলে সোডিয়াম ক্লোরাইড লবণ লও এবং ইহার মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল এবং মিশ্রণ উত্তপ্ত কর। (ক) সাদা ধোঁয়াসহ ঝাঁঝালো গন্ধের গ্যাস নির্গত হইবে। (খ) ইহা সিক্ত নীল লিটমাসকে লাল করিবে। (গ) একটি কাচের রডে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড লাগাইয়া পরীক্ষা নলের মুখে ধরিলে সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হইবে। ইহা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl)।

বিক্রিয়া :

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$HCl + NH_4OH = NH_4Cl + H_2O$$

(ii) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ($AgNO_3$) মিশাও। দধির ন্যায় সাদা অধঃক্ষেপ পড়িবে। এই অধঃক্ষেপ লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয় কিন্তু লঘু অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডে দ্রবণীয়। এই অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মিশ্রিত দ্রবণে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইলে সিলভার ক্লোরাইড পুনরায় অধঃক্ষিপ্ত হইবে।

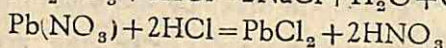
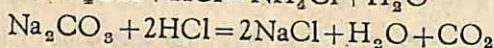
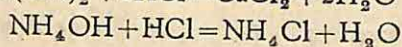
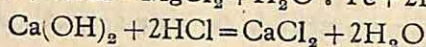
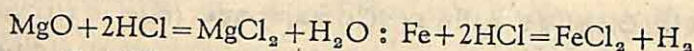
বিক্রিয়া :

$$HCl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + HNO_3$$
$$AgCl + 2NH_4OH = Ag(NH_3)_2Cl + 2H_2O$$
$$Ag(NH_3)_2Cl + 2HNO_3 = AgCl \downarrow + 2NH_4NO_3$$

ব্যবহার : সালফিউরিক অ্যাসিডের পরেই শিল্পজগতে প্রচুর পরিমাণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। এই অ্যাসিড—(i) রঙ ও ঔষধ, (ii) ধাতুর ক্লোরাইড এবং (iii) গ্লুকোজ ; সিরাপ ও 'গ্লু' আঁঠা তৈরী করার জন্য, (iv) লোহাকে টিন দ্বারা গ্যালভেনাইজ করা বা টিনের প্রলেপ দেওয়ার জন্য, (v) হাড়ের অঙ্গারের ক্যালসিয়াম ফসফেট গলাইবার জন্য, (vi) অ্যাকোয়া-রিজিয়া তৈরী করার জন্য—প্রধানত ব্যবহার করা হয়।

ধাতব ক্লোরাইড যৌগ

(Metallic chloride compound)

ধাতু, ধাতুর অক্সাইড বা ক্ষারের অথবা কোন কোন ধাতুর লবণের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড যৌগ গঠিত হয়। ক্লোরাইড গঠনের বিক্রিয়া :

$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O \; : \; Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$
$$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$
$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$
$$Pb(NO_3) + 2HCl = PbCl_2 + 2HNO_3$$

সিলভার ক্লোরাইড ($AgCl$), **মারকিউরাস ক্লোরাইড** (Hg_2Cl_2), **লেড ক্লোরাইড** ($PbCl_2$) **ব্যতীত সমস্ত ধাতব ও অ-ধাতব ক্লোরাইড জলে দ্রবণীয়।** লেড ক্লোরাইড ($PbCl_2$) শীতল জলে অদ্রবণীয় গরম জলে দ্রবণীয়। ধাতব ক্লোরাইডের মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$), পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl), ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$), সিলভার ক্লোরাইড ($AgCl$), মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$), জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$), অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$), ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$), বিশেষ প্রয়োজনীয়।

1. **সোডিয়াম ক্লোরাইড** ($NaCl$) : ইহা খাদ্যদ্রব্য তৈরী করার জন্য, খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে এবং ক্লোরিন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কষ্টিক সোডা এবং সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনে এবং রঞ্জন শিল্প, সাবান শিল্প ইত্যাদি বিভিন্ন শিল্পে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড : অশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস চালনা করিলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড,

অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহা পরিস্রুত করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ধুইয়া পরে শুষ্ক করা হয়।

2. **পটাসিয়াম ক্লোরাইড** (KCl): ইহা কৃষিকার্যে সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

3. **ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড** ($CaCl_2 . 6H_2O$): ইহা হিমমিশ্রণ তৈরী করার জন্য এবং বিগলিত (fused), অনার্দ্র ($CaCl_2$) অবস্থায় গ্যাস, ইথার ও অন্যান্য জৈব ও অজৈব পদার্থের জলীয় অংশ বিশোষণের (dehydrating agent) প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।

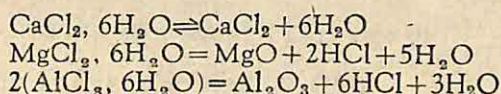
4. **মারকিউরিক ক্লোরাইড** ($HgCl_2$): ইহা তীব্র বিষ। কাঠ ও কংকাল সংরক্ষণের জন্য এবং জীবাণুনাশকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

5. **সিলভার ক্লোরাইড** ($AgCl$): ফটোগ্রাফীর প্লেট ও কাগজ তৈরীর জন্য ব্যবহৃত হয়।

6. **জিংক ক্লোরাইড** ($ZnCl_2$): বিশোষকরূপে কাঠ সংরক্ষণের জন্য, ঝালা লাগাইবার দ্রব্যরূপে এবং দন্ত চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়।

7. **অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড** ($AlCl_3, 6H_2O$): ইহা অনার্দ্র অবস্থায় জৈব যৌগ সংযুতির (synthesis) জন্য এবং পেট্রোলিয়াম শিল্পে ব্যবহৃত হয়। [প্রস্তুতি ৩য় খণ্ডে অ্যালুমিনিয়াম অধ্যায় দ্রষ্টব্য]

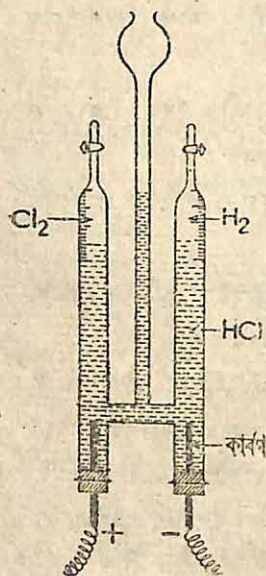
সোদক ক্লোরাইড লবণ উত্তপ্ত করিলে কেলাস-জল বাষ্পায়িত হইয়া যায় এবং অনার্দ্র লবণ অল্প-বেশি উত্তাপে ধাতব অক্সাইড গঠিত হয়। যথা:

$$CaCl_2, 6H_2O \rightleftharpoons CaCl_2 + 6H_2O$$
$$MgCl_2, 6H_2O = MgO + 2HCl + 5H_2O$$
$$2(AlCl_3, 6H_2O) = Al_2O_3 + 6HCl + 3H_2O$$

ক্লোরাইড মূলকের পরীক্ষা (Test of chloride radical): হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে যে কোন দ্রবণীয় ক্লোরাইড লবণ ব্যবহার করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণ পরীক্ষার ন্যায় একই পদ্ধতিতে ক্লোরাইড যৌগ পরীক্ষা করা যায়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আয়তনিক গঠন
[Volumetric composition of HCl]

1. **বিযুক্তি বা বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Analytical process): একটি **ত্রি-নলা** (three-limbed) **ভল্টামিটার** (voltameter) লও। মধ্যনলের মুখটি বাল্‌বের আকারে গঠিত। পাশের নল দুইটির আয়তন মাত্রা-চিহ্ন

দ্বারা অংশাঙ্কিত (graduated) এবং উভয় নলের উপরের মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করা যায়। নল দুইটির তলদেশে রহিয়াছে দুইটি কার্বন-দণ্ড। ইহারা তড়িৎ-দ্বার। এই তড়িৎদ্বার দুইটি ব্যাটারীর সঙ্গে বহির্মুখে সংযুক্ত করা যায়।

মধ্যম-নলের মাধ্যমে ভল্টামিটারে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ভর এবং পাশের নলের মুখ দুইটি ছিপি দিয়া বন্ধ করিয়া দাও। এখন কার্বন দণ্ড দুইটি ব্যাটারীর পজেটিভ ও নেগেটিভ দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত কর। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিদ্যুৎ চালানোর ফলে নেগেটিভ তড়িৎ-দ্বারের সঙ্গে যুক্ত নলে তথা ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইবে। কিন্তু প্রথম অবস্থায় পজেটিভ দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত নলে বা অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস সঞ্চিত হইবে না। কারণ, যে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হইবে তাহা আবার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিযুক্তি পরীক্ষা

নলের ছিপি খুলিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির করিয়া দাও। অপর নলে উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে যতক্ষণ পর্যন্ত সম্পৃক্ত (saturated) না করিবে ততক্ষণ পর্যন্ত তড়িৎ-প্রবাহ চালাও। ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম্পৃক্ত হইলে দুই পাশের নল দুইটির উপরের মুখের ছিপি বন্ধ করিয়া দাও।

পুনরায় ব্যাটারীর তার দুইটির ভল্টামিটারের কার্বন দণ্ডে সংযুক্ত করিয়া বিদ্যুৎ চালাও। দেখিবে, কিছুক্ষণের মধ্যেই নেগেটিভ তড়িৎদ্বারের সঙ্গে যুক্ত ক্যাথাড নলে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোড নলে ক্লোরিন গ্যাস সঞ্চিত হইবে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের (electrolysis) ফলে উৎপন্ন হইবে এই হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন।

পরীক্ষার পর দেখা যাইবে **একটি নলে যে আয়তনে হাইড্রোজেন গ্যাস সংগৃহীত হইয়াছে অপর নলে ঠিক সেই আয়তনে সংগৃহীত হইয়াছে ক্লোরিন গ্যাস।**

এই পরীক্ষায় সিদ্ধান্ত করা যায় যে **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সম-আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্বারা গঠিত।**

2. **সংযুতি বা সংশ্লেষণ পদ্ধতি** (Synthetic process)

যন্ত্র ও পরীক্ষা : দুই পাশে সম-আয়তনের দুইটি বাল্‌ব ফিট করা (চিত্রের ন্যায়) একটি কাচের যন্ত্র লও। এরূপ যন্ত্রে বাল্‌ব দুইটি একটি নলদ্বারা সংযুক্ত। বাল্‌ব দুইটির বাইরের দিকের দুই মুখে দুইটি এবং দুইটি বাল্‌বের সংযোগ নলের মাঝখানে একটি কাচের ছিপি ফিট করা আছে। বাল্‌ব দুইটির সংযোগ-নলের মাঝখানের ছিপি বন্ধ রাখিয়া যথাক্রমে একটি

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংযুক্তি পরীক্ষা

বাল্‌বে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অপর বাল্‌বে ক্লোরিন গ্যাস ভরিয়া বাল্‌বের বাহিরের মুখ দুইটি পর পর বন্ধ করিয়া দাও।

যেহেতু বাল্‌ব দুইটির আয়তন সমান, তাই বালব দুইটির হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসের আয়তনও সমান। এইবার মাঝের ছিপিটি খুলিয়া দাও। এরূপ অবস্থায় ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন গ্যাস একত্র মিশিয়া যাইবে। সূর্যের আলোতে এই গ্যাস মিশ্রণ কয়েক ঘণ্টা রাখিয়া দিলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করিবে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হওয়ার পরে একটি পারদ ভরা পাত্রে যন্ত্রটির একপাশের একটি বাল্‌বের মুখ ডুবাও এবং তারপর বাল্‌বের ছিপিটি খুলিয়া দাও। দেখা যাইবে বাল্‌ব হইতে কোন গ্যাস নির্গত হয় না বা বাল্‌বের মধ্যে পারদও ঢোকে না। ইহাতে বুঝা যায় যে মিশ্রণে বিক্রিয়ার আগে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যে **সংযুক্ত আয়তন** ছিল বিক্রিয়ার পরে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডও ঠিক **সেই আয়তনেই** গঠিত হইয়াছে। সুতরাং হাইড্রোজেনের আয়তন যদি হয় V c.c. তবে ক্লোরিনের আয়তন V c.c.; কারণ, বাল্‌ব দুইটির আয়তন সমান। তাই, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন হইবে ;

$$V \text{ c.c.} + V \text{ c.c.} = 2V \text{ c.c.}$$

উভয় পরীক্ষার সিদ্ধান্ত : সংযুক্তি বা বিযুক্তি উভয় পরীক্ষাতেই দেখা যায় যে, **এক আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন ক্লোরিন যুক্ত হইয়া দুই আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী করে।**

ফর্মুলা নির্ণয় ঃ বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় ঃ

2 c.c. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয় ;

1 c.c. হাইড্রোজেন + 1 c.c. ক্লোরিনের সংযোগে ;

মনে কর, সম তাপাংক ও চাপে 1 c.c. গ্যাসে অণুর সংখ্যা = n

সুতরাং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী ঃ

2 c c. গ্যাসের অণুর সংখ্যা = $2n$;

সুতরাং, আয়তনের পরিবর্তে অণুর সংখ্যানুযায়ী লেখা যায় যে,

$2n$ অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়

n অণু হাইড্রোজেন + n অণু ক্লোরিনের সংযোগে ;

অর্থাৎ, 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়

1 অণু হাইড্রোজেন + 1 অণু ক্লোরিনের সংযোগে ;

অথবা, 2 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়

2 পরমাণু হাইড্রোজেন + 2 পরমাণু ক্লোরিনের সংযোগে ;

[কারণ, একটি হাইড্রোজেন বা একটি ক্লোরিন অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।]

সুতরাং 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয় ;

1 (একটি) হাইড্রোজেন পরমাণু + 1 (একটি) ক্লোরিন পরমাণুর সংযোগে।

অর্থাৎ একটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু একটি হাইড্রোজেন ও একটি ক্লোরিন পরমাণু দ্বারা গঠিত। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বাষ্প-ঘনত্ব 18·25 ; সুতরাং ইহার আণবিক ওজন 36·5 ; HCl যদি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ফর্মুলা হয় তাহা হইলে উহার আণবিক ওজনও (1 + 35·5) বা 36·5। সুতরাং HCl ইহার যথার্থ ফর্মুলা।

প্রশ্ন

1. রসায়নাগারে কি প্রকারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী এবং সংগ্রহ করা হয়? গ্যাস তৈরী করিবার যন্ত্রটির পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন কর। বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ। এক বা একাধিক পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া জলে দ্রবণীয়তা ও অ্যাসিডিক ধর্মের উদাহরণ দাও। লঘু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের উপর ইহার ক্রিয়া বর্ণনা কর। [H S. Exam. 1960 (Compart)]

2. অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া পরীক্ষাসহ বর্ণনা কর। ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎবিশ্লেষণে কি ঘটিবে? [H.S. Exam. 1961]

3. শিল্প-প্রয়োজনে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয়? (*a*) লোহা, (*b*) ফেরিক অক্সাইড, (*c*) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, ও (*d*) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ইহার ক্রিয়ার বিবরণ দাও। বিক্রিয়াগুলি কি অবস্থায় কিরূপভাবে ঘটে এবং লক্ষ্যণীয় পরিবর্তন কি হইবে—উহার বিবরণসহ সমীকরণ উল্লেখ কর। [H.S. Exam. 1962]

4. খাদ্য লবণ হইতে কি প্রকারে বৃহদায়তনে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়—উহা বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত ইহার ক্রিয়া কি হইবে?

(*a*) ফেরাস অক্সাইড ; (*b*) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ;

(*c*) সিলভার নাইট্রেট ; (*d*) সাধারণ লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ।

[H. S. Exam. 1964, '66]

5. কি প্রকারে ক্লোরাইড গঠিত হয়? ক্লোরাইড সমূহ কি জলে দ্রবণীয়? ধাতব ক্লোরাইডের ব্যবহার কি কি? হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কি প্রকারে সনাক্ত করিবে?

6. একটি পরীক্ষার বিবরণ দিয়া প্রমাণ কর যে, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সম-আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্বারা গঠিত। এই পরীক্ষা হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ফর্মূলা নির্ণয় কর।

ক্লোরিন ও অন্যান্য হ্যালোজেন সভ্য

মৌলিক পদার্থ ক্লোরিন

পরিচয় : 1774 খ্রীষ্টাব্দে সুইডিস বিজ্ঞানী **শীলি** লবণের নির্যাস বা সামুদ্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজের কালো-অক্সাইড জ্বাল দিয়া একটি সবুজ বর্ণের ঝাঁঝালো গ্যাস তৈরী করিতে সক্ষম হন। **ল্যাভয়সিয়ার** বলেন যে এই গ্যাসটি একটি অক্সাইড। সহযোগী ফরাসী বিজ্ঞানী **ব্যার্থোলে** শীলির তৈরী এই সবুজ গ্যাসটি জলের মধ্যে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণের মধ্যে সূর্যরশ্মি ফেলিয়া দেখেন যে দ্রবণ হইতে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

বৃটিশ বিজ্ঞানী **হামফ্রে ডেভি** ভাবেন যথার্থ ই যদি এই সবুজ গ্যাসটি একটি অক্সাইড হয় তবে গ্যাসটির মধ্যে কার্বন, সালফার বা ফসফরাস পোড়াইলে নিশ্চয়ই সালফার বা ফসফরাসের অক্সাইড তৈরী হইবে। কিন্তু বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে কোন ক্ষেত্রেই এরূপ অক্সাইড তৈরী করা যায় না। ডেভি এই পরীক্ষা করেন 1810 খ্রীষ্টাব্দে। এই পরীক্ষার পরে তিনি বলেন যে সবুজ গ্যাসটি একটি মৌলিক পদার্থ। সবুজ বর্ণের জন্য ডেভি ইহার নাম দেন **ক্লোরিন**। ক্লোরিন অর্থ ফিকা সবুজ। তিনি আরও বলেন যে লবণের নির্যাস বা সামুদ্রিক অ্যাসিড এই ক্লোরিনও হাইড্রোজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। তিনি এরূপ যৌগিক পদার্থের নাম দেন **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড**। পরে এই যৌগটির জলীয় দ্রবণের নাম হয় **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড**।

হামফ্রে ডেভি

ক্লোরিন আবিষ্কারের প্রধান কৃতিত্ব বিজ্ঞানী শীলির এবং ক্লোরিনকে একটি মৌলিক পদার্থরূপে প্রমাণিত করার গৌরব বিজ্ঞানী ডেভির।

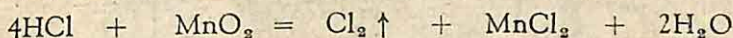
ক্লোরিনের সংকেত চিহ্ন—Cl এবং পারমাণবিক ওজন 35·46 ও আণবিক ফর্মুলা—Cl_2

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural occurrence) :—ক্লোরিন প্রাকৃতিতে মৌল অবস্থায় পাওয়া যায় না। ক্লোরিনের প্রধান উৎস ধাতব ক্লোরাইড লবণ। সাধারণ লবণ সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$, পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl), ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$) ইত্যাদি ধাতব লবণ ক্লোরিনের মূল ভাণ্ডার।

1. রসায়নাগারে ক্লোরিন প্রস্তুতি

(Laboratory process of preparation of chlorine)

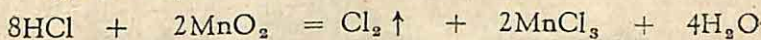
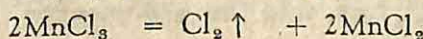
তত্ত্ব : রসায়নাগারে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রণ লইয়া গরম করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিন তৈরী হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়া :—

$$4HCl + MnO_2 = Cl_2\uparrow + MnCl_2 + 2H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, ক্লোরিন, ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড, জল

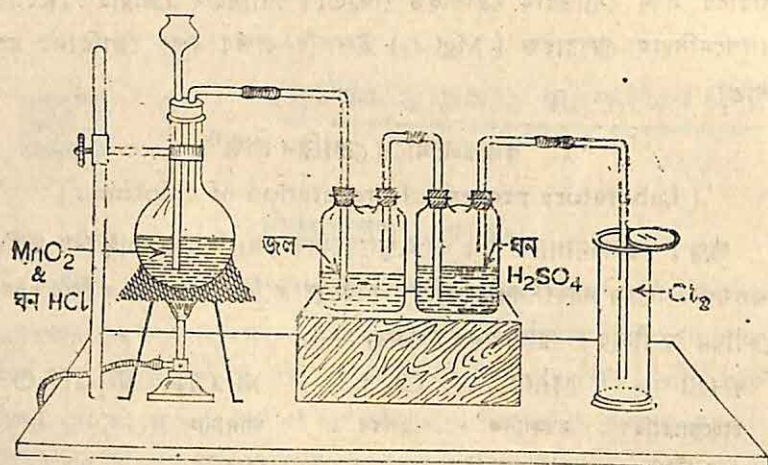
প্রকৃতপক্ষে এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি ঘটে দুই পর্যায়ে—

$$8HCl + 2MnO_2 = Cl_2\uparrow + 2MnCl_3 + 4H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, ক্লোরিন, ম্যাঙ্গানিজ ট্রাই-ক্লোরাইড, জল

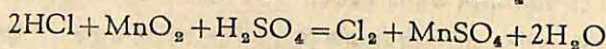
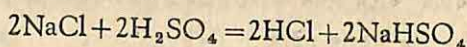
$$2MnCl_3 = Cl_2\uparrow + 2MnCl_2$$

প্রস্তুতি : (i) একটি গোলাকার ফ্লাস্কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পাউডার এবং ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। ফ্লাস্কটি একটি ছিপি দ্বারা বন্ধ থাকে। এই ছিপির ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনল-ফানেল ও একটি সমকোণে বাকানো নির্গম-নল লাগানো হয়। দীর্ঘনল-ফানেলের ফ্লাস্কের ভিতরের মুখ অ্যাসিডে ডুবানো থাকে। অতঃপর ধারকের সাহায্যে ফ্লাস্কটি তারজালের উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে গরম করিতে হয়। গরম হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ঈষৎ হরিদ্রাভ ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হইবে।

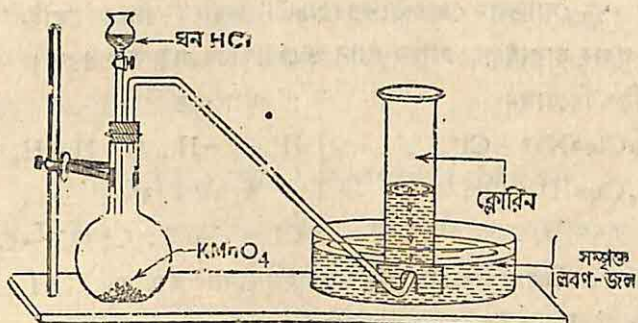
উৎপন্ন ক্লোরিন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। উহার সহিত কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। ঐ গ্যাস প্রথমে একটি ওয়াশ বোতলের মধ্যস্থ জলের মধ্যে দিয়া ও তারপর একটি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডপূর্ণ ওয়াশ বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করিয়া লইলে প্রথমে বোতলে ঐ গ্যাস হইতে হাইড্রোক্লোরিক গ্যাস ও দ্বিতীয় বোতলে

জলীয় বাষ্প অপহৃত হয়। ক্লোরিন বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্ব ভ্রংশের (upward displacement) দ্বারা গ্যাস সংগ্রহ করিতে হয়।

রসায়নাগারে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুতি

(ii) **হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে বিকারক ফ্লাস্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড বা সাধারণ লবণ** (NaCl), **ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড** (H_2SO_4) **এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড** (MnO_2) **ব্যবহার করিয়াও ক্লোরিন তৈরী করা যায়।** এরূপ ক্ষেত্রে প্রথমে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তৈরী হয়। পরবর্তী পর্যায়ে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এই সদ্য উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জারিত করিয়া ক্লোরিন তৈরী করে। এরূপ ক্ষেত্রেও যন্ত্রপাতির ব্যবস্থা সম্পূর্ণরূপে উপরে বর্ণিত পরীক্ষার ন্যায়। এই পদ্ধতিতে বিক্রিয়া ঘটে দুই পর্যায়ে। যথা:

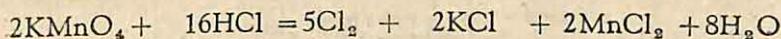
$$2NaCl + 2H_2SO_4 = 2HCl + 2NaHSO_4$$

$$2HCl + MnO_2 + H_2SO_4 = Cl_2 + MnSO_4 + 2H_2O$$

2. **স্বাভাবিক তাপাংকে ক্লোরিন প্রস্তুতি:** পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্বারা ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) জারিত করিয়া **রসায়নাগারে স্বাভাবিক তাপাংকেই** ক্লোরিন তৈরী করা যায়। একটি চ্যাপ্টা-তল ফ্লাস্কের (flat-bottom flask) মধ্যে রাখা হয় পটাসিয়াম

পারম্যাঙ্গানেট এবং ফ্লাস্কের মুখে ফিট করা হয় একটি বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) এবং একটি নির্গম-নল। বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের উপর ধীরে ধীরে ফেলা হয়। কারণ, তাড়াতাড়ি বা অতিমাত্রায় অ্যাসিড ঢালিলে অতি দ্রুত বিক্রিয়ার ফলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। ফ্লাস্ক হইতে নির্গত ক্লোরিন গ্যাস নির্গম-নলের পথে বাহির হইয়া যায় এবং ইহা লবণাক্ত

রসায়নাগারে স্বাভাবিক তাপাংকে ক্লোরিন প্রস্তুতি

জল সরাইয়া গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। জলে ক্লোরিন সামান্য দ্রবণীয় কিন্তু লবণাক্ত জলে কম দ্রবণীয়। এইভাবে সংগৃহীত ক্লোরিনে সামান্য জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে।

বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$2KMnO_4 + 16HCl = 5Cl_2 + 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট | হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড | ক্লোরিন | পটাসিয়াম ক্লোরাইড | ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড | জল

3. **ব্লিচিং পাউডার হইতে ক্লোরিন প্রস্তুতি** (Chlorine from bleaching powder) : ব্লিচিং পাউডারের উপরে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালিয়া উল্লিখিত পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় সতর্কতাসহ স্বাভাবিক তাপাংকে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়া ঘটে অনুরূপভাবে :

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = Cl_2 + CaCl_2 + H_2O$$

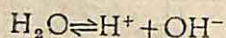
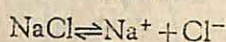
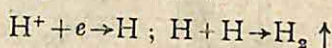
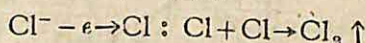
ব্লিচিং পাউডার | হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড | ক্লোরিন | ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড

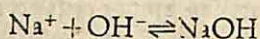
বৃহদায়তন বা শিল্প-পদ্ধতি

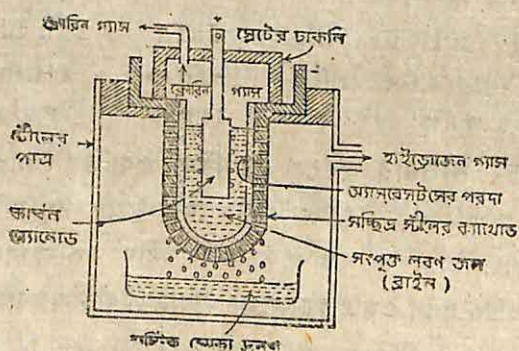
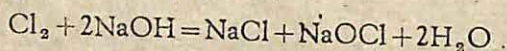
তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রণালী (Electrolytic process)

বর্তমানে সমস্ত বাণিজ্যিক ক্লোরিনই তৈরী হয় তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালীতে। কষ্টিক সোডা ও সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদন শিল্পে **উপজাত** (by-product) পদার্থরূপে প্রচুর পরিমাণে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ক্লোরিন উৎপাদন সম্পন্ন হয় এইভাবে :

(i) ঘন সোডিয়াম ক্লোরাইডের (NaCl) যাহাকে বলা হয় "ব্রাইন" দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ চালাইলে ক্লোরিন গ্যাস ও সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন হয়। যথা :

তড়িৎ বিয়োজন	ক্যাথোড বিক্রিয়া
$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$	$H^+ + e \rightarrow H$; $H + H \rightarrow H_2 \uparrow$
$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$	অ্যানোড বিক্রিয়া
	$Cl^- - e \rightarrow Cl$: $Cl + Cl \rightarrow Cl_2 \uparrow$

(ii) সোডিয়াম আয়ন (Na^+) হাইড্রক্সিল আয়নের (OH^-) সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া কষ্টিক সোডা গঠন করে। যথা :

$$Na^+ + OH^- \rightleftharpoons NaOH$$

(iii) ক্লোরিনের সঙ্গে সহজেই এই সদ্যোজাত কষ্টিক সোডার বিক্রিয়া ঘটে এবং তার ফলে পুনরায় সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম হাইপো-ক্লোরাইড তৈরী হয়। যথা :

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + 2H_2O$$

বৈদ্যুতিক বিশ্লেষণ পন্থায় ক্লোরিন উৎপাদন

(vi) তাই, যে পাত্রে লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয় সেই পাত্রটি

এমন ভাবে তৈরী করা হয় যাহাতে সদ্যোজাত ক্লোরিন ও কষ্টিক সোডার মধ্যে পারস্পরিক সংযোগ ঘটিতে না পারে। এরূপ তড়িৎবিশ্লেষণ পাত্রকে বলা হয় **সেল** (cell)। এই সেলের মধ্যে ঘন লবণ-জলের তড়িৎবিশ্লেষণের ফলে যে ক্লোরিন তৈরী হয় সদ্যোজাত কষ্টিক সোডার সঙ্গে তাহার কোন সংযোগ ঘটার সুযোগ থাকে না। বিভিন্ন ধরনের সেলের মধ্যে লবণ-জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া সেলের একাংশে ক্লোরিন এবং অপরাংশে কষ্টিক সোডা-তৈরী করা হয়। পূর্ব-পৃষ্ঠায় ক্লোরিন উৎপাদক সেলের একটি চিত্র দেওয়া হইল।

[তৃতীয় খণ্ডে সোডিয়ামের অধ্যায়ে এরূপ তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]

ক্লোরিনের ধর্ম (Properties of chlorine)

ভৌত ধর্ম : (i) ক্লোরিন বায়ুর চেয়ে আড়াই গুণ ভারী একটি সবুজাভ হলুদ (greenish yellow) বর্ণের ঝাঁঝালো গ্যাস, (ii) ইহা একটি বিষাক্ত গ্যাস। ক্লোরিনের শ্বাসে নাক ও গলা ফুলিয়া যায় এবং অতিরিক্ত শ্বাস গ্রহণে মৃত্যু ঘটে। (iii) জলের মধ্যে ক্লোরিন মোটামুটি দ্রবণীয়। (iv) ক্লোরিনকে 15°C তাপাংকে 6 বায়ুচাপে হলুদ বর্ণের তরলে এবং—102°C তাপাংকে ফিকা হলুদ বর্ণের কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। (v) ক্লোরিনের বাষ্প-ঘনত্ব 35·5 অর্থাৎ ইহা বায়ুর চেয়ে প্রায় আড়ই গুণ ভারী।

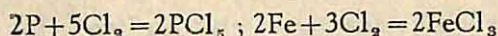
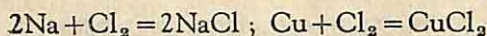
রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **ক্লোরাইড** (chloride) **গঠন :** ক্লোরিন একটি অতি সক্রিয় মৌলিক পদার্থ (very active element)। অক্সিজেন, কার্বন ও নাইট্রোজেন ছাড়া ধাতব বা অ-ধাতব প্রায় সমস্ত মৌলিক পদার্থের সঙ্গে ক্লোরিন সরাসরিভাবে সংযুক্ত হয় এবং এইভাবে গঠিত যৌগকে বলা হয় **ক্লোরাইড**। এইরূপ ক্লোরাইডের সাধারণ ফর্মুলা লেখা যায়—XCl ; X—যে-কোন ধাতু। যথা : NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $ZnCl_2$ $AlCl_3$ ইত্যাদি। ক্লোরিনের এরূপ ক্লোরাইড যৌগ প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। অধিকাংশ ধাতব ক্লোরাইড জলে দ্রবণীয়। অধাতুর সঙ্গেও ক্লোরিন ক্লোরাইড গঠন করে। যথা, PCl_3 PCl_5, ইত্যাদি।

(ii) **দাহক বা দহন সমর্থক** (Supporter of combustion) : ক্লোরিন নিজে জলে না কিন্তু অকিসিজেনের ন্যায় অন্য পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য

করে। ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে পাতলা তামার পাত বা ফস্‌ফরাস বা তপ্ত সোডিয়াম বা আরসেনিক ও অ্যান্টিমনী পাউডার ছড়াইয়া দিলে আপনি জলিয়া ওঠে। উত্তপ্ত অবস্থায় অন্যান্য ধাতুরও ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটিয়া ধাতব ক্লোরাইড গঠন করে। যথা :

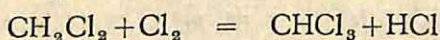
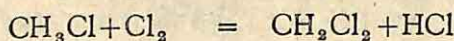
$2Na + Cl_2 = 2NaCl$; $Cu + Cl_2 = CuCl_2$

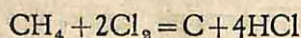
$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$; $Mg + Cl_2 = MgCl_2$

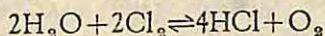
$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$; $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$

(iii) **হাইড্রোজেন আসক্তি** (Affinity for hydrogen) : হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আকর্ষণ খুব বেশি। ক্লোরিনের মধ্যে জ্বালাইয়া দিলে হাইড্রোজেন জ্বলিতে থাকে। অন্ধকারে ক্লোরিন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণে সাধারণত কোন বিক্রিয়া ঘটে না, কিন্তু এরূপ মিশ্রণে জলন্ত পাটকাঠি ধরিলে বা সূর্যের আলোক সম্পাত করিলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং তার ফলে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠিত হয়। যথা : $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

হাইড্রোজেনের প্রতি এরূপ প্রবল আকর্ষণের ফলে ক্লোরিনের মধ্যে জ্বলন্ত মোমবাতি মেটে লাল শিখা বিস্তার করিয়া জলিতে থাকে। তারপিন তেল-সিক্ত ফিলটার কাগজ ক্লোরিন গ্যাস-ভরা জারের মধ্যে ধরার সঙ্গে সঙ্গে ফিলটার কাগজ জ্বলিয়া উঠে। জৈব পদার্থ মোম ও তারপিন তেল হাইড্রোজেন ও কার্বন দ্বারা গঠিত যৌগিক পদার্থ। এই সমস্ত পদার্থের হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া কার্বন (C) এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সাদা ধোঁয়া তৈরী করে। $2C_xH_y + yCl_2 = 2xC + 2yHCl$

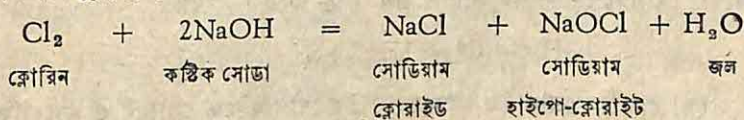
আলোকের সাহায্যে মিথেন গ্যাসের (CH_4) সঙ্গেও পর্যায়ক্রমে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ক্লোরিন শেষ পর্যায়ে কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড (CCl_4) তৈরী করে। তৃতীয় পর্যায়ে তৈরী হয় ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$)। যথা :

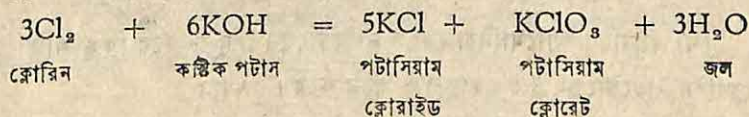
$$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$$
$$CH_3Cl + Cl_2 = CH_2Cl_2 + HCl$$
$$CH_2Cl_2 + Cl_2 = CHCl_3 + HCl$$
$$CHCl_3 + Cl_2 = CCl_4 + HCl$$

2 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস 1 আয়তন মিথেন (CH_4) গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধোঁয়া সৃষ্টি হয়। যথা :

$$CH_4 + 2Cl_2 = C + 4HCl$$

(iv) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action with water) : জলের সঙ্গে ক্লোরিনের কিরূপ বিক্রিয়া ঘটিবে তাহা তাপ ও আলোকের উপর নির্ভর করে। (ক) হিমশীতল (O°C) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় **ক্লোরিন হাইড্রেট দানা** (chlorine hydrate crystal—Cl_2, $6H_2O$) গঠিত হয়। এই দানা তপ্ত করিলে ক্লোরিন নির্গত হয়। (খ) সাধারণ তাপে ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হয় এবং জলের হরিদ্রাভ রঙ, ও ঝাঝালো-গন্ধে ক্লোরিনের পরিচয় পাওয়া যায়। ক্লোরিনের এরূপ জলীয় দ্রবণের নাম—**ক্লোরিন জল** (chlorine water)। ইহার মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। (গ) উজ্জ্বল সূর্যতাপে ও আলোক সম্পাতে ক্লোরিন-জল অক্সিজেন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি প্রতিমুখী (reversible)। যথা :

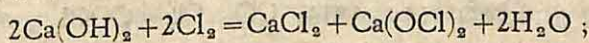
$$2H_2O + 2Cl_2 \rightleftharpoons 4HCl + O_2$$

(v) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with alkali) : ক্ষারের সঙ্গে দুইভাবে ক্লোরিনের বিক্রিয়া ঘটে। যথা :

(ক) অতিরিক্ত পরিমাপের **ঠাণ্ডা** এবং **লঘু ক্ষারের** সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় **ক্লোরাইড বা হাইপো-ক্লোরাইট** (NaOCl) লবণ গঠিত হয়।

Cl_2	+	$2NaOH$	=	$NaCl$	+	$NaOCl$	+	H_2O
ক্লোরিন		কস্টিক সোডা		সোডিয়াম ক্লোরাইড		সোডিয়াম হাইপো-ক্লোরাইট		জল

(খ) **তপ্ত ক্ষার এবং পর্যাপ্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় ধাতব ক্লোরাইড ও ক্লোরেট** যৌগ গঠিত হয়। যথা :

$3Cl_2$	+	$6KOH$	=	$5KCl$	+	$KClO_3$	+	$3H_2O$
ক্লোরিন		কস্টিক পটাস		পটাসিয়াম ক্লোরাইড		পটাসিয়াম ক্লোরেট		জল

একইভাবে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ার প্রথম পর্যায়ে ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইড এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরেট তৈরী হয়।

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O\ ;$$

$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) : একটি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক। অক্সিজেন তৈরী করার জন্য, বাজী তৈরীর কাজে, বিস্ফোরক তৈরীর কাজে

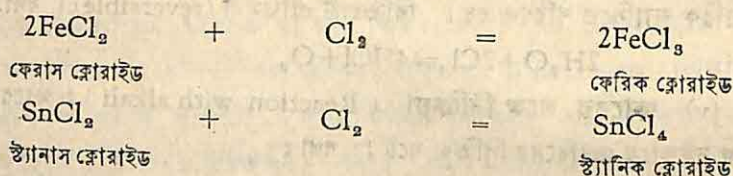
পটাসিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন হয়। পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রথমে আবিষ্কার করেন বার্থোলে।

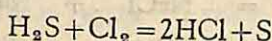
(vi) **ক্লোরিন একটি জারক দ্রব্য** (An oxidising agent): ক্লোরিন একটি বিশেষ জারক পদার্থ। তাই, সোনা ও প্লাটিনাম ছাড়া সমস্ত ধাতু বা ধাতুর অক্সাইডকে জারিত করিয়া ধাতব ক্লোরাইডে পরিণত করে।

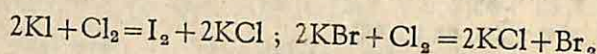
(ক) ক্লোরিন ফেরাস ক্লোরাইড বা স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে উচ্চতর ফেরিক বা স্ট্যানিক ক্লোরাইডে পরিণত করে।

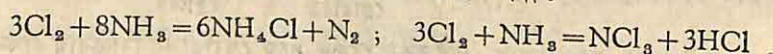
নিম্ন যোজী (-আস) যৌগকে উচ্চ যোজী (-ইক) যৌগে পরিণত করার বিক্রিয়াকেও জারণ-ক্রিয়া বা অক্সিডেশন বলা হয়। যথা:

$$\underset{\text{ফেরাস ক্লোরাইড}}{2FeCl_2} + Cl_2 = \underset{\text{ফেরিক ক্লোরাইড}}{2FeCl_3}$$

$$\underset{\text{স্ট্যানাস ক্লোরাইড}}{SnCl_2} + Cl_2 = \underset{\text{স্ট্যানিক ক্লোরাইড}}{SnCl_4}$$

(খ) ক্লোরিন হাইড্রোজেন সালফাইডের (H_2S) হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া মৌলরূপে সালফার জারিত ও নির্মুক্ত করে। যথা:

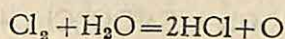
$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$$

(গ) ক্লোরিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগ হইতে ব্রোমিন ও আয়োডিন প্রতিস্থাপিত করে।

$$2KI + Cl_2 = I_2 + 2KCl \; ; \; 2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$

(ঘ) ক্লোরিন অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন নির্মুক্ত করে কিন্তু অতিরিক্ত ক্লোরিন নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড গঠন করে। যথা:

$$3Cl_2 + 8NH_3 = 6NH_4Cl + N_2 \; ; \quad 3Cl_2 + NH_3 = NCl_3 + 3HCl$$

(vii) **ক্লোরিনের বিষাক্ত যুত-যৌগ** (Additive compound): **ফসজিন** (phosgene): কার্বন মনক্সাইডের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া ক্লোরিন একরকম বিষাক্ত গ্যাস তৈরী করে। যথা: $CO + Cl_2 = COCl_2$; এরূপ গ্যাসকে ফস্‌জিন গ্যাস বলা হয়। ইহা মারাত্মক বিষ।

(viii) **ক্লোরিনের ব্লিচিং ক্রিয়া** (Bleaching action of chlorine): বাষ্পের সংস্পর্শে ক্লোরিন উদ্ভিজ্জ বর্ণ বিরঞ্জিত করে জায়মান অক্সিজেন সৃষ্টি

করে। শুষ্ক ক্লোরিনের বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। এই বিরঞ্জনও ক্লোরিনের একটি জারণ ক্রিয়া-বিশেষ।

$$Cl_2 + H_2O = 2HCl + O$$

রঞ্জিত পদার্থ + O → বিরঞ্জিত পদার্থ

ক্লোরিনে সনাক্তকরণ (Tests of chlorine): (i) সবুজাভ হলুদ বর্ণ, ঝাঁঝালো গন্ধ বা বিরঞ্জন ক্ষমতা দ্বারা ক্লোরিন সনাক্ত করা হয়, (ii) ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) হইতে আয়োডিন (I_2) নির্মুক্ত করে। আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণে পরিণত করে। কোন ক্লোরাইড দ্রবণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে অদ্রবণীয় সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা: $NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3$; এই সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ লঘু অ্যামোনিয়ামে (NH_4OH) দ্রবণীয়, কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

[ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্ম ও সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে তুলনা—সালফার ডাই-অক্সাইডের অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।]

ব্যবহার (Uses of chlorine): (i) ব্লিচিং পাউডার বা বিরঞ্জক পাউডার ও (ii) ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন, বিভিন্ন ধাতুর ক্লোরেট, ক্লোরাইড ও অন্যান্য রাসায়নিক পদার্থ তৈরী করার জন্য, (iii) জলের জীবাণু নাশ করার জন্য, (iv) সোনা নিষ্কাশনের জন্য ক্লোরিন ব্যবহার করা হয়। (v) সূতি, কাগজ ও পেট্রোলিয়াম শিল্পে বিরঞ্জকরূপে ক্লোরিন ব্যবহার করা হয়। (vi) বিষাক্ত গ্যাস তৈরী করার জন্যও প্রথম মহাযুদ্ধে ক্লোরিন গ্যাস ও ক্লোরিনের যৌগরূপে বিভিন্ন গ্যাস প্রয়োগ করা হইয়াছে।

ব্লিচিং পাউডার (Bleaching powder)

ব্লিচিং পাউডার ক্লোরিনের একটি অতি প্রয়োজনীয় যৌগ। ইহার সুনির্দিষ্ট ফর্মুলা এখনও স্থির হয় নাই। ইহার আনুমানিক ফর্মুলা—$Ca(OCl)Cl$; অনেক রাসায়নিকের মতে ইহা একটি মাত্র যৌগিক পদার্থ নয়,—একাধিক যৌগিক পদার্থের মিশ্রণ।

প্রস্তুতি: রাসায়নিক পদ্ধতি: (Preparation : chemical process): স্লেক্‌ড লাইম বা কলিচুনের [$Ca(OH)_2$] উপরে শুষ্ক ক্লোরিন

চালনা করিয়া ব্লিচিং পাউডার তৈরী করা হয়। যথা :

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \xrightarrow{40°C} Ca(OCl)Cl + H_2O$$

কলিচুন ব্লিচিং পাউডার

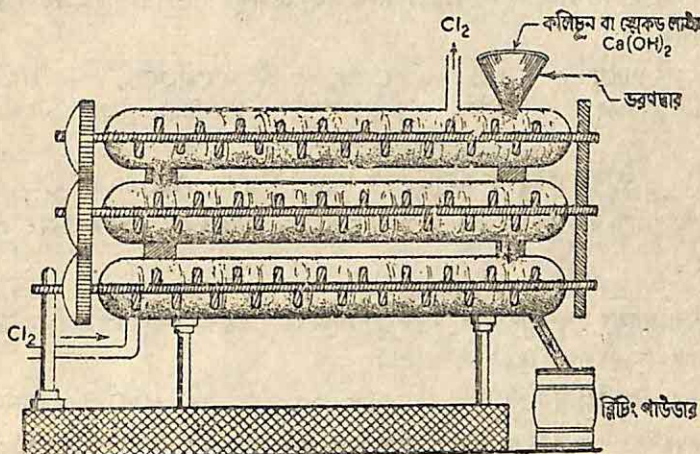
[পোড়াচুন বা কুইক লাইমের সঙ্গে সাধারণ তাপে ক্লোরিনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না, কিন্তু উচ্চতাপে অক্‌সিজেন ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড তৈরী হয় যথা : $2CaO + 2Cl_2 = 2CaCl_2 + O_2$]

কলিচুন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় উত্তাপ স্বষ্টি হয়। সেজন্য বিক্রিয়ার উত্তাপ নিয়ন্ত্রণ করিয়া ইহা 40°C তাপাংকে স্থির রাখা হয়। ক্লোরিন ও কলিচুনের সুষ্ঠু ও ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের উদ্দেশ্যে কলিচুন আলোড়কের (stirrer) সাহায্যে মাঝে মাঝে নাড়িয়া দেওয়া এবং ব্লিচিং পাউডার তৈরীর যন্ত্রটি এরূপভাবে গঠিত থাকে যাহাতে ব্লিচিং পাউডার পর্যাপ্ত পরিমাণে ক্লোরিন শোষণের সুযোগ পায়। কলিচুন প্রথমে দ্রুতগতিতে ক্লোরিন শোষণ করে এবং পরে এই গতি শ্লথ হইয়া যায়। কলিচুন ও ক্লোরিনে পূর্ণ মিশ্রণের জন্য প্রায় চব্বিশ ঘণ্টা সময় লাগে। বিক্রিয়া শেষে ব্লিচিং পাউডারের সঙ্গে কিছু পরিমাণে অতিরিক্ত কলিচুন মিশাইয়া ইহা ঝাড়া বা ঝরানো (dusting) হয়। ইহার ফলে ব্লিচিং পাউডারের সঙ্গে মিশ্রিত উদ্বৃত্ত ক্লোরিন কলিচুন শোষণ করিয়া লয়। ব্লিচিং পাউডারে সাধারণত 35-40 শতাংশ ক্লোরিন থাকে।

শিল্প-পদ্ধতি (Industrial process) : ব্লিচিং পাউডার কয়েকটি পদ্ধতিতে তৈরী করা যায়। (i) একটি পদ্ধতিতে সীসা নির্মিত কয়েকটি সারি সারি পরস্পর সংলগ্ন প্রকোষ্ঠ বা কোঠায় সিমেণ্টে তৈরী মেঝের প্রায় তিন ইঞ্চি পুরু করিয়া কলিচুন ছড়াইয়া রাখা হয় ও তাহার উপরে চালানো হয় ক্লোরিন। মাঝে মাঝে আলোড়কের সাহায্যে কলিচুন নাড়িয়া দেওয়া হয়। প্রায় চব্বিশ ঘণ্টা পরে নির্গম-দ্বারের পথে ব্লিচিং পাউডার বাহির করিয়া লওয়া হয়।

(ii) অপর পদ্ধতির উৎপাদন ব্যবস্থাকে **হেজেনক্লেভারের** পদ্ধতি বলা হয়। এরূপ যন্ত্র লৌহ-নির্মিত কয়েকটি চোঙ বা সিলিণ্ডার। ইহারা উপরে নিচে পর পর সাজানো এবং প্রতিটি সিলিণ্ডার সংযোগ-নলের সাহায্যে পরস্পরের সঙ্গে সংযুক্ত থাকে। কলিচুন ঢালা হয় সর্বোচ্চ সিলিণ্ডারের সংভরণ দ্বারের ভিতর দিয়া এবং ক্লোরিন চালানো হয় সর্বনিম্নে অবস্থিত সিলিণ্ডারের

সঙ্গে যুক্ত একটি বা একাধিক আগম-নলের (Inlet) মাধ্যমে। সিলিণ্ডারের মধ্যে অবিরাম যান্ত্রিক পাখা চালাইয়া কলিচুন ও ক্লোরিন মিশ্রিত করা হয়। সিলিণ্ডারের কলিচুন অবিরাম উপর হইতে পরপর নিম্নস্তরে স্থাপিত সিলিণ্ডার-

ব্লিচিং পাউডার তৈরীর হেজেনক্লেভার পদ্ধতি

গুলিতে প্রবেশ করে এবং ক্লোরিন পর পর উর্ধ্বস্তরের সিলিণ্ডারে উঠিতে থাকে। কলিচুন ও ক্লোরিনের এরূপ বিপরীত গতি এবং সিলিণ্ডারগুলির অবিরাম আবর্তনের ফলে ইহাদের মধ্যে ঘনিষ্ঠ মিশ্রণ ঘটে এবং সর্বনিম্ন সিলিণ্ডারের নির্গমদ্বারের পথে ব্লিচিং পাউডার নির্গত হইয়া বড় বড় পিপায় রক্ষিত হয়।

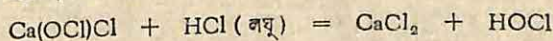
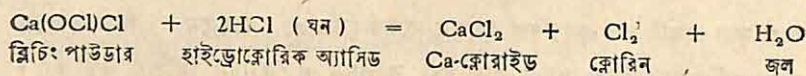
ব্লিচিং পাউডারের ধর্ম (Properties of bleaching powder):

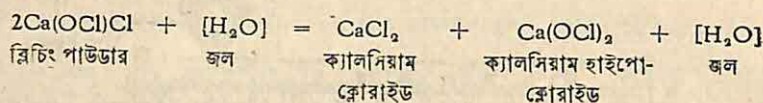
(i) **বিরঞ্জন ক্রিয়া** (Bleaching action): বিরঞ্জক হিসাবে ব্লিচিং পাউডারের মূল্য ইহার একশত ভাগ ওজন হইতে কত ভাগ ক্লোরিন পাওয়া যাইবে তাহার উপর নির্ভর করে। উৎকৃষ্ট পাউডার হইতে প্রায় 40% ক্লোরিন বিরঞ্জনের জন্য পাওয়া যায়। এই ক্লোরিনকে ব্লিচিং পাউডারের প্রাপ্তব্য ক্লোরিন (available chlorine) বলে। অতিশয় মৃদু অ্যাসিডও, এমন কি বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইডও ব্লিচিং পাউডার হইতে ক্লোরিন মুক্ত করিতে পারে।

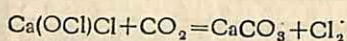
(ii) **অ্যাসিডের বিক্রিয়া** (Action of acid): ব্লিচিং পাউডারের উপর হিমশীতল লঘু অ্যাসিডের (dil. acid) বিক্রিয়ায় হাইপো-ক্লোরাস অ্যাসিড তৈরী হয় কিন্তু ঘন অ্যাসিডের (conc. acid) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় ক্লোরিন। যথা:

$$Ca(OCl)Cl + HCl\,(\text{লঘু}) = CaCl_2 + HOCl$$

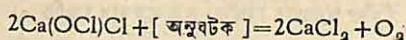
ব্লিচিং পাউডার	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড	হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড

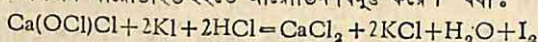
$Ca(OCl)Cl$	+	$2HCl$ (ঘন)	=	$CaCl_2$	+	Cl_2	+	H_2O
ব্লিচিং পাউডার		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		Ca-ক্লোরাইড		ক্লোরিন	,	জল

(iii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of water) : ব্লিচিং পাউডার ও জলের মিশ্রণের ফলে ক্যালসিয়াম হাইপোক্লোরাইড মিশ্রণ তৈরী হয়। হাইপোক্লোরাইটের বিরঞ্জক ধর্ম বর্তমান।

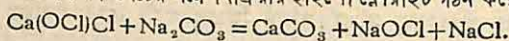
$2Ca(OCl)Cl$	+	$[H_2O]$	=	$CaCl_2$	+	$Ca(OCl)_2$	+	$[H_2O]$
ব্লিচিং পাউডার		জল		ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড		ক্যালসিয়াম হাইপো-ক্লোরাইড		জল

(iv) **কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of CO_2) : বায়ুর জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সংস্পর্শে ব্লিচিং পাউডার হইতে ক্লোরিন নির্গত হয়। যথা :

$$Ca(OCl)Cl+CO_2=CaCO_3+Cl_2$$

খোলা অবস্থায় তাই ব্লিচিং পাউডারে মুক্ত ক্লোরিনের গন্ধ পাওয়া যায় এবং খোলা রাখিলে ব্লিচিং পাউডারের বিরঞ্জন ক্ষমতা সেজন্য কমিয়া যায়।

(v) **জারণ ধর্ম** (Oxidising property) : (ক) কোবাল্ট অক্সাইডের ন্যায় অনুঘটকের সংস্পর্শে ব্লিচিং পাউডার হইতে অক্সিজেন নির্গত হয়। এরূপ বিক্রিয়া অক্সিজেন তৈরী করার একটি উপায়। যথা :

$$2Ca(OCl)Cl+[\text{অনুঘটক}]=2CaCl_2+O_2$$

(খ) ইহা পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে। যথা :

$$Ca(OCl)Cl+2KI+2HCl=CaCl_2+2KCl+H_2O+I_2$$

(গ) ইহা সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইপো ক্লোরাইট গঠন করে। যথা :

$$Ca(OCl)Cl+Na_2CO_3=CaCO_3+NaOCl+NaCl.$$

ব্লিচিং পাউডারের ধর্ম (Properties of bleaching powder) :

ব্লিচিং পাউডারের ব্যবহার (Uses of bleaching powder) : (i) জীবাণুনাশের কাজে, (ii) স্বাস্থ্যরক্ষার প্রয়োজনে ও (iii) জল পরিস্রুত তথা জলের জীবাণুনাশের জন্য এবং (iv) ক্লোরোফর্ম তৈরী করার উদ্দেশ্যে ব্লিচিং পাউডার প্রচুর পরিমাণে ব্যবহার করা হয়। (v) কাগজ, বস্ত্র ও বিভিন্ন ধরনের সূতি-শিল্পে বিরঞ্জকরূপে ব্লিচিং পাউডার প্রচুর পরিমাণে প্রয়োগ করা হয়।

বিরঞ্জন পদ্ধতি : লঘু কষ্টিক সোডা দ্রবণে ফুটাইয়া এবং জলে ধুইয়া প্রথমে বস্তুটির তৈলাক্ত ময়লা অপসারিত করা হয় এবং এই পরিস্রুত বস্তুটিকে ব্লিচিং পাউডারের দ্রবণে ডুবাইয়া কয়েক ঘণ্টা বায়ুতে মেলিয়া রাখা হয়। পরে অতি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ও সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণ দ্বারা ধুইয়া বস্তুটি হইতে অবশিষ্ট ক্লোরিন সম্পূর্ণরূপে অপসারিত করিয়া বস্তুটিকে বিরঞ্জিত করা হয়।

হ্যালোজেন পরিবারের সভ্য

(Members of halogen family)

মৌলিক পদার্থ নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আরসেনিক ইত্যাদির মধ্যে বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য বর্তমান। সেইজন্য এই মৌলিক পদার্থ কয়েকটি সমগোত্রী (analogue) বা এক পরিবারের সভ্য' বলা হয়। সেইরূপ ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন—এই চারিটি মৌলিক পদার্থের মধ্যেও ঘনিষ্ঠ সাদৃশ্য বর্তমান। সেই জন্য ইহাদের সমগোত্রী বা সমপরিবার-ভুক্ত সভ্য বলা হয়। সমুদ্র জলে ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের লবণ পাওয়া যায়। হ্যালোজেন শব্দের অর্থ সমুদ্র লবণের উৎপাদক। ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন সাধারণতভাবে তাই **হ্যালোজেন** নামে পরিচিত। এই মৌলিক পদার্থ চারিটির সম্মিলিত গোষ্ঠীকে বলা হয় **হ্যালোজেন পরিবার** (halogen family)।

হ্যালোজেন সভ্যদের সাদৃশ্য

(Similar properties of the halogen members)

মৌলিক পদার্থ **ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে** নিম্নলিখিত কারণে সমগোত্রীয় (analogues) বা এক পরিবারভুক্ত সদস্য বলা হয়। যথা :

(i) **সম অবস্থায় প্রাপ্ত :** ইহাদের কোনটিকেই প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় মৌলরূপে পাওয়া যায় না,—পাওয়া যায় একই ধরনের যৌগরূপে। যথা :

NaF, NaCl, NaBr, KI, ইত্যাদি।

এই মৌলগুলি আয়নিক প্রকৃতিতে অধাতব এবং ইলেক্‌ট্রো-নেগেটিভ। [F^-, Cl^-, Br^-, I^-]।

(ii) **বর্ণ, গন্ধ ও বিষ-ক্রিয়া :** ইহাদের প্রত্যেকের এক একটি বিশিষ্ট বর্ণ বর্তমান। যথা : ফ্লুরিন হালকা সবুজ, ক্লোরিন হরিদ্রাভ সবুজ, ব্রোমিন রক্তিম বাদামী এবং আয়োডিন বেগুনী। ইহাদের প্রত্যেকের মধ্যেই তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধ পাওয়া যায়। এই পদার্থগুলি সবই বিষাক্ত। ইহাদের গ্যাস শ্বাস গ্রহণের ফলে মৃত্যু ঘটিতে পারে।

[পাঠক্রমের নিদেশ অনুযায়ী ফ্লুরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন হ্যালোজেন পরিবারের সভ্যরূপে এক সঙ্গে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইয়াছে।]

(iii) **সম-প্রকৃতি যৌগ গঠন**ঃ এই পদার্থগুলি প্রত্যেকেই খুব সক্রিয় এবং প্রায় সমস্ত মৌলিক পদার্থের সঙ্গে সরাসরি ভাবে একই ধরনের যৌগ গঠন করে। ফ্লুরিনের যৌগের নাম ফ্লুরাইড (CaF_2, CF), ক্লোরিনের ক্লোরাইড (NaCl, $MgCl_2$). ব্রোমিনের ব্রোমাইড, (KBr, $MgBr_2$) এবং আয়োডিন যৌগের নাম আয়োডাইড (NaI, PbI_2), ।

(iv) **সম-প্রকৃতির হাইড্রাসিড**ঃ ইহারা প্রত্যেকে হাইড্রোজেনের সঙ্গে গ্যাসী হাইড্রাসিড গঠন করে। এইসব অ্যাসিড গ্যাস জলে দ্রবণীয় এবং ইহারা একই ধরনের হ্যালাইড (halides) যৌগ গঠন করে। ইহাদের লবণের সাধারণ ফর্মুলা HX ; [X=ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, বা আয়োডিন।] হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড—HF, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড—HCl, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড—HBr এবং হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড—HI ; এরূপ হাইড্রায়োসিড একইভাবে তৈরী করা যায়।

(v) **সম-যোজ্যতা**ঃ ইহাদের প্রত্যেকের **যোজন ক্ষমতা** (valency) —**এক**। যথা : HF, HCl. HBr এবং HI.

(vi) এই মৌলগুলির প্রত্যেকের প্রবল জারণ ক্ষমতা বর্তমান।

(vii) ফ্লুরিন ছাড়া প্রতিটি হ্যালোজেন মৌল ক্ষারের সঙ্গে সমভাবে বিক্রিয়া ঘটায়।

(viii) ইহাদের অক্সাইডগুলি অ্যাসিডধর্মী।

এইরূপ সাদৃশ্য ও সম-ধর্মের জন্যই ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন এক পরিবারের সম-গোত্রীয় মৌলিক পদার্থ। এই মৌলিক পদার্থ কয়টি ফ্লুরাইড, ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড ইত্যাদি লবণরূপে একই ভাবে সমুদ্র জলে পাওয়া যায়। এই মৌলিক পদার্থ কয়টিকে সাধারণ নাম বলা হয় হ্যালোজেন এবং ইহাদের যৌগকে বলা হয় **হ্যালাইড** (halides)।

হ্যালোজেন সভ্যদের পরিচয় ও প্রাপ্তি

মৌলিক পদার্থ ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন অত্যন্ত সক্রিয় পদার্থ। ফ্লুরিন মৌলিক পদার্থসমূহের মধ্যে সবচেয়ে সক্রিয় পদার্থ। তাই, হ্যালোজেন পরিবারের সভ্যদের মুক্ত মৌলরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না।

ফ্লুরিনের আগে আবিষ্কৃত হয় হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড। 1771 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শিলী হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড আবিষ্কার করেন এবং ইহার নাম করেন—ফ্লুর অ্যাসিড (Flour-

acid)। ইহার পরে এই ফ্লুর অ্যাসিড হইতে ফ্লুরিন আবিষ্কারের বহু চেষ্টা হয়। অবশেষে 1886 খ্রীষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী ময়সন (Moissan) অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড (HF) দ্রবণে পটাসিয়াম ফ্লুরাইড (KF) মিশ্রিত করিয়া ইহার তড়িৎবিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ফ্লুরিক তৈরী করিতে সক্ষম হন। ইহার আণবিক ফর্মুলা—F_2.

ক্লোরিন আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী ডেভি (Davy)—সে কথা আগের অধ্যায়ে বর্ণনা করা হইয়াছে।

ব্রোমিন আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী ব্যালার্ড (Balard) 1826 খ্রীষ্টাব্দে। সমুদ্রজল হইতে সাধারণ লবণ তৈরী করার পর যে জল অবশিষ্ট থাকে তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড পাওয়া যায়। লবণ তৈরীর পরে অবশিষ্ট সমুদ্রজলে ক্লোরিন চালাইয়া তীব্র গন্ধযুক্ত গাঢ় রক্তিম বর্ণের একটি পদার্থ ব্যালার্ড আবিষ্কার করেন এবং ইহার গন্ধের জন্য পদার্থটির নাম দেওয়া হয় ব্রোমিন।

আয়োডিন আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী কুর্তোয়া (Courtuois)—1812 খ্রীষ্টাব্দে। সমুদ্রের উদ্ভিদ্ ভস্মের দ্রবণ হইতে Na_2CO_3 পৃথক করিয়া লওয়ার পর যে তরল অবশিষ্ট থাকে সেই তরল হইতে আয়োডিন আবিষ্কার করা হয়। এই আয়োডিন যে একটি মৌলিক পদার্থ তাহা প্রমাণ করেন ডেভি ও গে-লুসাক। ডেভি হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড আবিষ্কার করেন। সুন্দর বেগুনীবর্ণের জন্য নূতন মৌলিক পদার্থটি নাম দেওয়া হয় আয়োডিন।

ফ্লুরিনের প্রতীক F ও পারমাণবিক ওজন—19 ; ক্লোরিনের প্রতীক—Cl ও পারমাণবিক ওজন—35·46 ; ব্রোমিনের প্রতীক—Br ও পারমাণবিক ওজন—80 ; আয়োডিনের প্রতীক—I ও পারমাণবিক ওজন—127.

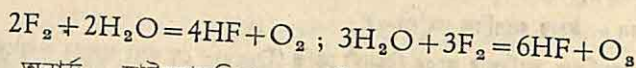
হ্যালোজেন সভ্যদের প্রস্তুতি

ফ্লুরিনের প্রাকৃতিক যৌগ (Natural compounds) : ফ্লুরস্পার (fluorsper—CaF_2), ক্রায়োলাইট (cryolite—AlF_3, 3NaF) এবং ফ্লুর-অ্যাপেটাইট [flour-apatite—CaF_2, $3Ca_3(PO_4)_2$] ফ্লুরিনের কয়েকটি প্রধান খনিজ যৌগ।

ফ্লুরিন প্রস্তুতির অসুবিধা (Difficulties in preparation of fluorine) :

(i) অন্যান্য হ্যালোজেন উহাদের হ্যালাইডের জারণে তৈরী করা যায়। কিন্তু ফ্লুরিন সর্বোচ্চ ইলেকট্রো-নেগেটিভ মৌল বলিয়া কোন তীব্র জারক দ্রব্য দ্বারা হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড (HF) জারিত করিয়া ফ্লুরিন (F_2) তৈরী করা সম্ভব নয়।

(ii) হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎবিশ্লেষণ করিলে যে ফ্লুরিন উৎপন্ন হয় তাহা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অক্সিজেন ও ওজোন (O_3) তৈরী করে। যথা :

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2 \; ; \; 3H_2O + 3F_2 = 6HF + O_3$$

(iii) অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড তড়িৎ-অপরিবাহী (non-conductor) বলিয়া ইহার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্ভব নয়।

(iv) ফ্লুরিন প্লাটিনাম, কার্বন, গ্লাস ইত্যাদি পদার্থ ক্ষয় করে বলিয়া ফ্লুরিন উৎপাদনের প্রয়োজনে সাধারণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্র ব্যবহার করা যায় না।

(v) ফ্লুরিন ও হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড অত্যন্ত বিষাক্ত।

এজন্য 1886 খ্রীষ্টাব্দ পর্যন্ত ফ্লুরিন উৎপাদন করা সম্ভব হয় নাই,—যদিও হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড আগেও তৈরী করা সম্ভব ছিল।

ফ্লুরিন প্রস্তুতি (Preparation of fluorine)

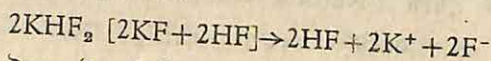
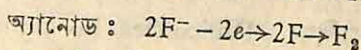
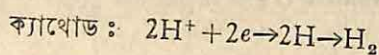
1. **ময়সান পদ্ধতি** (Moissan process) : অনার্দ্র (anhydrous) হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড (HF) বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম। কিন্তু ইহার মধ্যে পটাসিয়াম ফ্লুরাইড দ্রবীভূত করিলে সেই দ্রবণের তড়িৎবিশ্লেষণের ফলে (electrolysis) ফ্লুরিন তৈরী করা যায়। তড়িৎ-বিশ্লেণের ফলে পজেটিভ তড়িৎদ্বারে ফ্লুরিন এবং নেগেটিভ তড়িৎদ্বারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। যথা :

তড়িৎ-বিয়োজন :

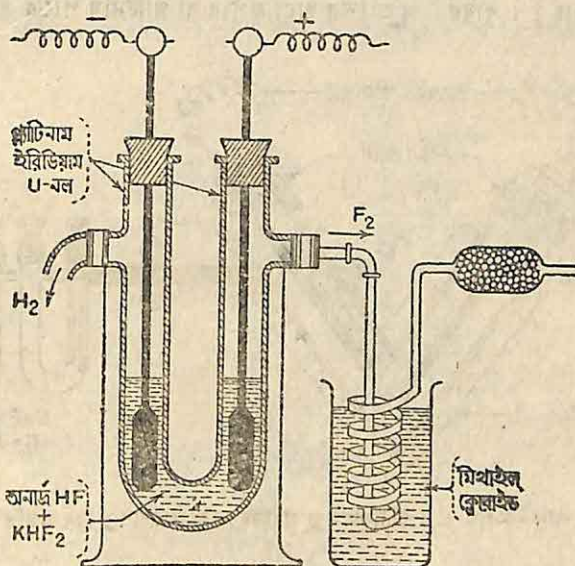
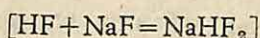
$2KHF_2 \; [2KF + 2HF] \rightarrow 2HF + 2K^+ + 2F^-$

ইলেকট্রোড বিক্রিয়া :

ক্যাথোড : $2H^+ + 2e \rightarrow 2H \rightarrow H_2$

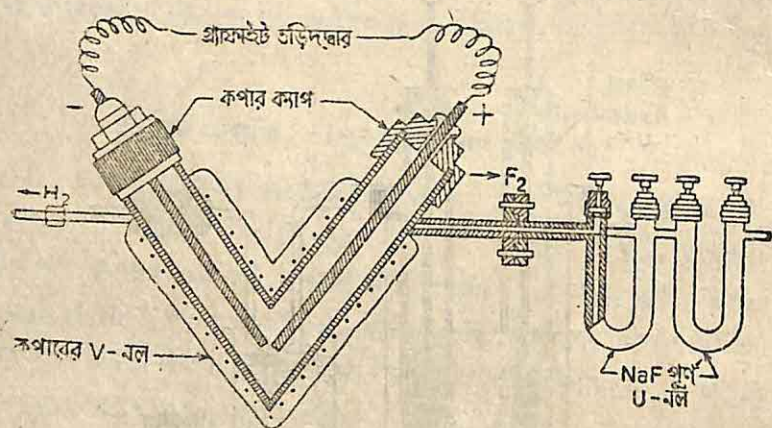
অ্যানোড : $2F^- - 2e \rightarrow 2F \rightarrow F_2$

ফ্লুরিন একটি **অতি তীব্র জারক পদার্থ** (oxidising agent) বলিয়া নির্মুক্ত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই ইহা অন্য পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যৌগ গঠন করে। সেজন্য সাধারণ ধাতব পাত্রে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম ফ্লুরাইড মিশ্রণের তড়িৎবিশ্লেষণ করা যায় না। তড়িৎবিশ্লেষণের পাত্র তৈরী করা হয় প্লাটিনাম-ইরিডিয়ামের ধাতু-সংকর (alloy) দ্বারা। তড়িৎদ্বার (electrodes)

দুইটিও একই ধাতু-সংকর দ্বারা তৈরী করা হয়। হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড যাহাতে বাষ্পীভূত না হয় সেইজন্য তড়িৎবিশ্লেষণ পাত্রটি তরল মিথাইল ক্লোরাইড (methyl chloride) দ্রবণে নিমজ্জিত রাখা হয়। ইহার ফলে তড়িৎবিশ্লেষণ পাত্রের তাপাংক $-23°C$ তাপমাত্রায় শীতল থাকে। ফ্লুরিন উৎপন্ন হয় পজেটিভ তড়িৎদ্বারে এবং হাইড্রোজেন নেগেটিভ তড়িৎদ্বারে। এই শীতলতায় হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড তরল হইয়া যায়। উৎপন্ন ফ্লুরিন সোডিয়াম ফ্লুরাইড-ভরা পাত্রের ভিতর দিয়া চালাইয়া অবশিষ্ট হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড অপসারিত করা হয়।

$$[HF + NaF = NaHF_2]$$

তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ফ্লুরিন প্রস্তুতি

এই ফ্লুরিন প্লাটিনাম জারে উর্ধ্বমুখে বায়ু সরাইয়া সংগ্রহ করা হয়। এই ভাবে পটাসিয়াম ফ্লুরাইড মিশ্রিত হাইড্রোজেন ফ্লুরাইডে (KHF_2) তড়িৎবিশ্লেষণ করিয়া ফ্লুরিন প্লাটিনাম পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

2. **আধুনিক পদ্ধতি** (Modern process): বর্তমান্ V-আকারে গঠিত কপার নির্মিত পাত্রে গলিত পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুরাইডের তড়িত-

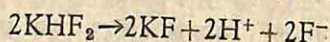
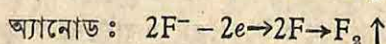
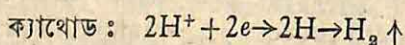
বিশ্লেষণ করিয়া ফ্লুরিন তৈরী করা হয়। ফ্লুরিন উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে কপারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইহা কপার ফ্লুরাইড গঠন করে। এই কপার ফ্লুরাইড সদ্য নির্মিত আস্তরণরূপে কপার পাত্রকে ফ্লুরিনের বিক্রিয়া হইতে রক্ষা করে। V-পাত্রের ঢাকনী তৈরী করা হয় ফ্লুরস্পার বা ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড (CaF_2) দ্বারা। V-আকারের কপারের পাত্র বিশুদ্ধ গ্রাফাইটে তৈরী তড়িৎদ্বার ব্যবহার করিয়া পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুরাইডের (KHF_2)-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। এইরূপ পদ্ধতিতে যে ফ্লুরিন তৈরী হয় তাহার মধ্যে কিছু হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড অবশিষ্ট থাকিতে পারে। তাই এই ফ্লুরিন কয়েকটি আর্দ্র সোডিয়াম ফ্লুরাইড (NaF)-পূর্ণ কপার U-নলের ভিতর দিয়া পর পর চালাইয়া মিশ্রিত হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড অপসারিত করা হয় [বিক্রিয়া পূর্ব পদ্ধতির ন্যায়]। বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা কপার বা প্লাটিনাম পাত্রে এই গ্যাসীয়

আধুনিক পদ্ধতিতে পটাসিয়াম ফ্লুরাইডের তড়িৎবিশ্লেষণে ফ্লুরিন প্রস্তুতি

ফ্লুরিন সংগ্রহ করা হয়। তড়িৎবিশ্লেষণের ক্ষেত্রে পজেটিভ তড়িৎদ্বারে বা অ্যানোডে উৎপন্ন হয় ফ্লুরিন এবং নেগেটিভ তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোডে হাইড্রোজেন। বিশ্লেষণ বিক্রিয়া : তড়িৎ বিয়োজন :

$$2KHF_2 \rightarrow 2KF + 2H^+ + 2F^-$$

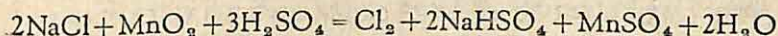
ইলেক্‌ট্রোড বিক্রিয়া :

ক্যাথোড : $2H^+ + 2e \rightarrow 2H \rightarrow H_2 \uparrow$

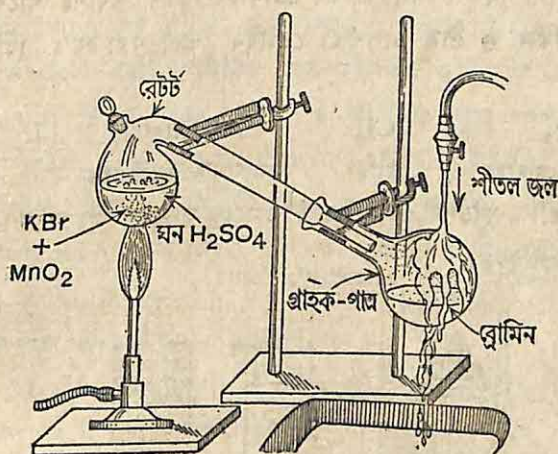
অ্যানোড : $2F^- - 2e \rightarrow 2F \rightarrow F_2 \uparrow$

ক্লোরিন প্রস্তুতি (Preparation of chlorine)

ক্লোরিন তৈরী করা হয় (i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ বিশ্লেষণে। যথা : $2HCl \rightarrow H_2 + Cl_2$

(ii) ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত করিয়া। যথা : $4HCl + MnO_2 = Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$

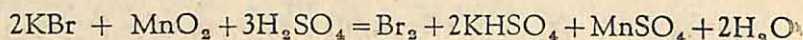
$$2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4 = Cl_2 + 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

[আগের অধ্যায়ে ক্লোরিন প্রস্তুত পদ্ধতি দ্রষ্টব্য।]

ব্রোমিন প্রস্তুতি (Preparation of bromine)

(i) **রসায়নাগারের পদ্ধতি** (Laboratory process) : ক্লোরিনের ন্যায় একই রাসায়নিক পদ্ধতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ঘন সালফিউরিক

রসায়নাগারে ব্রোমিন তৈরী

অ্যাসিড দ্বারা পটাসিয়াম ব্রোমাইড (KBr) জারিত করিয়া ব্রোমিন তৈরী করা হয়।

একটি রেটর্টে পটাসিয়াম ব্রোমাইড, কালো ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড পাউডার এবং ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে মিশ্রিত করিয়া তারজালের উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। বাষ্পাকারে ব্রোমিন রেটর্টের নলের মাধ্যমে গ্রাহক-পাত্রের মধ্যে ঘনীভূত হয় এবং গাঢ় লাল তরল পদার্থে পরিণত হয়।

বিক্রিয়া :

$$2KBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = Br_2 + 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

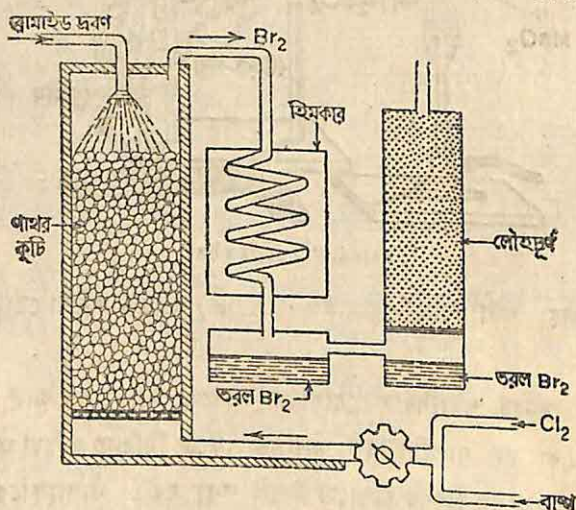
পটাসিয়াম ব্রোমাইড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড ব্রোমিন K-হাইড্রোজেন সালফেট ম্যাঙ্গানাস সালফেট জল

রসায়নাগারে যদিও পটাসিয়াম ব্রোমাইড সাধারণত ব্যবহার করা হয়, অন্যান্য ব্রোমাইড হইতেও এই উপায়ে ব্রোমিন প্রস্তুত করা যাইতে পারে।

বৃহদায়তন পস্তুতি (Large scale preparation process) : জার্মানীতে প্রাপ্ত **কার্নেলাইট** (carnalite) নামক খনিজ পদার্থে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণের সঙ্গে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইডও মিশ্রিত থাকে। [$KCl, MgCl_2, 6H_2O + 1\% \ MgBr_2$] কার্নেলাইট দ্রবণ ঘন করিয়া সেই তপ্ত দ্রবণ শীতল করিয়া প্রথমে পটাসিয়াম ক্লোরাইড দানা পৃথক করা হয়। যে ব্রোমাইড দ্রবণ অবশিষ্ট থাকে তাহার মধ্যে **ক্লোরিন** ও **ষ্টীম** চালাইয়া ব্রোমিন তৈরী করা হয়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$

ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ক্লোরিন ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ব্রোমিন

পোরসেলিন-কুচিপূর্ণ একটি উচ্চ টাওয়ারের তলদেশ হইতে ক্লোরিন ও ষ্টীম

কার্নেলাইট দ্রবণ হইতে বৃহদায়তন পদ্ধতিতে ব্রোমিন প্রস্তুতি

উপরের দিকে চালানো হয় এবং টাওয়ারের উপর হইতে সংগৃহীত ম্যাগনেসিয়াম

ব্রোমাইড দ্রবণের ধারা ঝরানো (spraying) হয়। টাওয়ারের মধ্যে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় যে ব্রোমিন তৈরী হয় তাহা গ্যাসীয় অবস্থায় ষ্টীম দ্বারা চালিত হইয়া টাওয়ারের উপরের দিকের একটি নির্গম-নল (outlet) দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং হিমকারে (condenser) প্রবেশ করে। হিমকারে প্রবেশ করিবার পরেও যদি কোন ব্রোমিন বাষ্পীয় অবস্থায় থাকিয়া যায় তবে তাহা সিক্ত আয়রন-কুচিপূর্ণ নলের ভিতর দিয়া চালাইয়া আয়রন ব্রোমাইড ($FeBr_2$) রূপে সংগ্রহ করা হয়। [চিত্র দেখ।]

সমুদ্র জলে কিঞ্চিৎ ব্রোমাইড-লবণ থাকে। আমেরিকাতে সমুদ্র জলের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া সেই মিশ্রণের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালাইয়া ব্রোমিন তৈরী করা হয়।

আয়োডিন প্রস্তুতি (Preparation of iodine)

(i) **রসায়নগারের প্রস্তুতি** (Laboratory process):

ব্রোমিন যেরূপ যন্ত্রে প্রস্তুত হয়, সেইরূপ একটি রেটর্টে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও অর্ধ-ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে উত্তপ্ত করিয়া ক্লোরিন ও ব্রোমিনের ন্যায় একই রাসায়নিক পদ্ধতিতে পটাসিয়াম আয়োডাইড বিজারিত করিয়া আয়োডিন তৈরী করা হয়। রেটর্টের আয়োডিন বেগুনী রঙের বাষ্পের আকারে পাতিত হইতে থাকে। শীতল গ্রাহক-পাত্রে আসিয়া উহা গাঢ় বেগুনী বর্ণের কেলাসে পরিণত হয়।

বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে:

$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + MnSO_4 + 2KHSO_4 + 2H_2O$$

পটাশিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, আয়োডিন, ম্যাঙ্গানাস সালফেট, K-হাইড্রোজেন সালফেট, জল

(ii) তীব্র পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের মধ্যে ক্লোরিন চালাইয়াও আয়োডিন প্রস্তুত করা যায়।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

(ii) **বৃহদায়তন পদ্ধতি** (Large-scale production process):

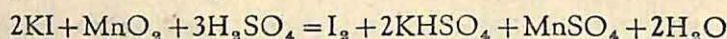
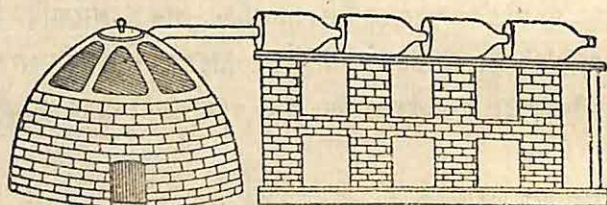
(ক) সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ ভস্মীভূত করিলে ভস্মের মধ্যে সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের আয়োডাইড, ক্লোরাইড, সালফেট ও কার্বনেট এবং ম্যাগনেসিয়ামের বিভিন্ন লবণ মিশ্রিত থাকে।

(খ) এই ভস্ম জলে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণ ঘন করা হয়। ইহার ফলে প্রথম পর্যায়ে সোডিয়াম ও পটাশিয়ামের ক্লোরাইড এবং সালফেট লবণ স্ফটিকাকারে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া বিচ্ছিন্ন হইয়া যায় এবং দ্রবণের মধ্যে আয়োডাইড লবণ থাকিয়া যায়।

(গ) এই দ্রবণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) সঙ্গে ঢালাই আয়রনে তৈরী রেটর্টে রাখিয়া উর্ধ্বপাতিত করা হয়। এরূপ উর্ধ্বপাতনের ফলে আয়োডিন বাষ্পাকারে নির্গত হইয়া যায় এবং ইহা মৃত্তিকায় তৈরী **উডেল** (udell) নামক গ্রাহকপাত্রে কঠিন আয়োডিনরূপে সংগ্রহ করা হয়।

(ঘ) এই আয়োডিন শীতল জলে বিধৌত করিয়া পুনরায় উর্ধ্বপাতন পন্থায় (sublimation) বিশোধিত করা হয়।

(ঙ) আয়োডিন বিমুক্তির বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

[লক্ষ্য করিবার বিষয় এই যে, ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের জারণ ক্রিয়া একই পদ্ধতি, বিক্রিয়া ও সমীকরণ অনুসরণ করে।]

বৃহদায়তনে আয়োডিন প্রস্তুতির পদ্ধতি

বিভিন্ন হ্যালোজেন সভ্যের ধর্ম (Properties of halogens)

1. ফ্লুরিনের ধর্ম (Preperties of fluorine)

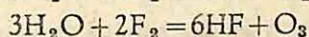
(i) **ভৌত ধর্ম :** ফ্লুরিন হালকা হরিদ্রাভ সবুজ বর্ণের অত্যন্ত বিষাক্ত পদার্থ। ইহা সাধারণ অবস্থায় গ্যাসীয়। −187°C তাপাংকে চাপ দিয়া ইহাকে তরলে পরিণত করা যায় এবং −223°C তাপাংকে কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। 100°C তাপাংকের নিচে শুষ্ক কাচের পাত্রে ইহা রাখা যায়।

(ii) **সর্বাধিক সক্রিয় মৌল** (Most reactive element) **:** **সমস্ত**

মৌলিক পদার্থের মধ্যে ফ্লুরিন সর্বাধিক সক্রিয় পদার্থ বা জারক দ্রব্য (oxidising agent)। ইহা প্রায় সমস্ত ধাতুর সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া ঘটাইয়া ফ্লুরাইড (NaF, CaF_2 AlF_3 ইত্যাদি) ধাতুর যৌগ গঠন করে। সোডিয়াম পটাসিয়াম ইত্যাদি ফ্লুরিনের সংস্পর্শে আসামাত্র জলিয়া উঠে। ইহা অক্সিজেন, নাইট্রোজেন বা ক্লোরিন ব্যতীত অন্য সমস্ত অ-ধাতুর সঙ্গে সরাসরি যৌগ গঠন করে। ব্রোমিন, আয়োডিন, ফসফরাস, সালফার, সিলিকন, কার্বন ইত্যাদি অধাতু ফ্লুরিনের সংস্পর্শে জলিয়া ওঠে এবং ইহাদের ফ্লুরাইড যৌগ গঠিত হয়। যথা: PF_3, PF_5, CF_4, SiF_4 ইত্যাদি। সমস্ত জৈব পদার্থের সঙ্গে স্বতঃস্ফূর্তভাবে ফ্লুরিন বিক্রিয়া ঘটায়।

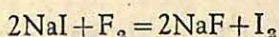
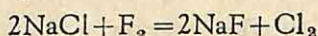
(iii) **হাইড্রাইড** (Hydrides): হাইড্রোজেনের প্রতি ফ্লুরিনের আকর্ষণ খুব বেশী। ইহা তাই অন্ধকারেও হাইড্রোজেন গ্যাসের সংস্পর্শে আসা মাত্র জলিয়া ওঠে ও হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড গঠন করে। ইহা জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সিজেন ও ওজন (ozone) তৈরী করে। যথা:

$$H_2 + F_2 = 2HF \; ; \; 2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2$$

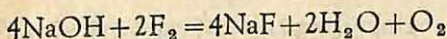
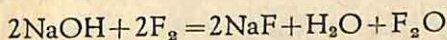
$$3H_2O + 2F_2 = 6HF + O_3$$

(iv) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া** (Displacement reaction): ইহা ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের হাইড্রাসিড (HCl, HBr, HI) অথবা ইহাদের লবণ (NaCl, NaBr, NaI ইত্যাদি) হইতে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন নির্মুক্ত করে। যথা:

$$2NaCl + F_2 = 2NaF + Cl_2$$

$$2NaBr + F_2 = 2NaF + Br_2$$

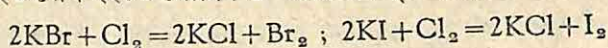
$$2NaI + F_2 = 2NaF + I_2$$

(y) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with alkali): লঘু কষ্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইহা ফ্লুরাইড যৌগ ও ফ্লুরিন অক্সাইড (FeO) যৌগ গঠন করে এবং ঘন কষ্টিক সোডার সঙ্গে গঠন করে ফ্লুরাইড যৌগ ও অক্সিজেন। যথা:

$$2NaOH + 2F_2 = 2NaF + H_2O + F_2O$$

$$4NaOH + 2F_2 = 4NaF + 2H_2O + O_2$$

কিন্তু ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন লঘু ঘন কষ্টিক সোডার সঙ্গে ক্লোরাইড ও হাইপো-ক্লোরাইট ও ক্লোরেট যৌগ গঠন করে।

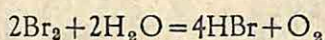
2. ক্লোরিনের ধর্ম (Properties of chlorine)

ক্লোরিনের ধর্ম পূর্বে বর্ণনা করা হইয়াছে। ফ্লুরিন হইতে ক্লোরিন কম সক্রিয় কিন্তু ব্রোমিন ও আয়োডিন হইতে বেশী সক্রিয়। তাই, ক্লোরিন, ফ্লুরাইড যৌগ হইতে ফ্লুরিন মুক্ত করিতে পারে না; কিন্তু ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগ হইতে ব্রোমিন ও আয়োডিন মুক্ত করিতে পারে। যথা:

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2 \ ; \ 2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

2. ব্রোমিনের ধর্ম (Properties of bromine)

ভৌত ধর্ম: ব্রোমিন ঘন লাল বর্ণের একটি তরল পদার্থ। ইহা ক্লোরিন হইতে বেশী বিষাক্ত। **অ-ধাতু জাতীয় মৌলিক পদার্থের মধ্যে স্বাভাবিক অবস্থায় অ-ধাতু ব্রোমিনই একমাত্র তরল পদার্থ।** ইহা অত্যন্ত উদ্বায়ী। ইহার স্ফুটনাংক 60°C ; স্বাভাবিক তাপেও ইহা লাল বর্ণের বাষ্পে পরিণত হয়।

(ii) **ব্রোমিন জল** (Bromine water): ইহা জলে স্বল্প পরিমাণে (20°C তাপাংকে 3·6%) দ্রবীভূত হয়। ইহার জলীয় দ্রবণকে ব্রোমিন-জল বলা হয়। সূর্যালোকের সংস্পর্শে ব্রোমিন-জল হইতে অক্সিজেন ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr) তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়া ক্লোরিনের সঙ্গে তুলনীয় যথা:

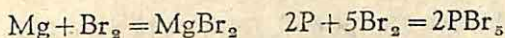
$$2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$$

ক্লোরিনের জলের ন্যায় ইহাও হিম-শীতলতায় স্ফটিকাকারে **ব্রোমিন হাইড্রেট** (Bromine hydrate—Br_2, $8H_2O$) গঠন করে।

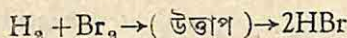
(iii) **রাসায়নিক সক্রিয়তা** (Chemical reactivity): ব্রোমিন ক্লোরিনের চেয়ে কম সক্রিয় কিন্তু রাসায়নিক ধর্মে ইহাদের মধ্যে ঘনিষ্ঠ সাদৃশ্য বর্তমান। ব্রোমিন অধিকাংশ ধাতু এবং শুধুমাত্র কার্বন, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ব্যতীত অন্য সমস্ত অ-ধাতুর সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া ঘটাইয়া **ব্রোমাইড যৌগ** গঠন করে। যথা—NaBr, $CaBr_2$, PBr_3, PBr_5 ইত্যাদি।

তরল ব্রোমিন **সাদা ফসফরাসের** সংস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটায় কিন্তু **লাল ফসফরাসের** সংস্পর্শে জলিয়া ওঠে এবং ফসফরাস ট্রাই-ও পেণ্টা-ব্রোমাইড (PBr_3, PBr_5) গঠন করে। পটাসিয়ামের সংস্পর্শেও ব্রোমিন বিস্ফোরণ

ঘটায়, কিন্তু শীতল অবস্থায় সোডিয়ামের সঙ্গে ব্রোমিনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। ব্রোমিনের কয়েকটি বিক্রিয়া :

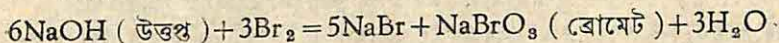
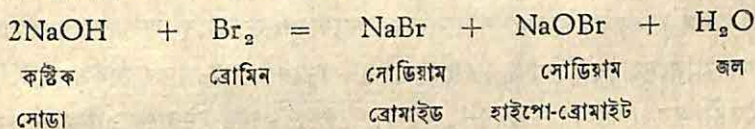
$2K + Br_2 = 2KBr \qquad 2P + 3Br_2 = 2PBr_3$

$Mg + Br_2 = MgBr_2 \qquad 2P + 5Br_2 = 2PBr_5$

(iv) **হাইড্রাইড** (Hydride) : উত্তাপের সাহায্যে ব্রোমিন হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায়। যথা :

$H_2 + Br_2 \rightarrow$(উত্তাপ)$\rightarrow 2HBr$

(v) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action with alkali) : ইহা ক্লোরিনের ন্যায় ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইড ($NaOBr$) ও ব্রোমেট যৌগ ($NaBrO_3$) যৌগ গঠন করে।

ক্ষারের লঘু দ্রবণের সঙ্গে ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিন ধাতব ব্রোমাইড ও হাইপো-ব্রোমাইট যৌগ ও উত্তপ্ত অবস্থায় হাইপো-ব্রোমাইটের পরিবর্তে ধাতব ব্রোমেট যৌগ (Bromate) গঠন করে। যথা :

$2NaOH$	+	Br_2	=	$NaBr$	+	$NaOBr$	+	H_2O
কষ্টিক সোডা		ব্রোমিন		সোডিয়াম ব্রোমাইড		সোডিয়াম হাইপো-ব্রোমাইট		জল

$6NaOH$ (উত্তপ্ত)$+ 3Br_2 = 5NaBr + NaBrO_3$ (ব্রোমেট)$+ 3H_2O$

(vi) **মৃদু জারণ ধর্ম** (Mild oxidising property) : ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিনও জারক দ্রব্য (oxidising agent)। কিন্তু জারণ ধর্মে ইহা মৃদু। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডের হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া জারিত করে। যথা :

$H_2S + Br_2 = 2HBr + S$

ইহা সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) জারিত করে। যথা :

$SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$

(vii) **প্রতিস্থাপন ক্রিয়া** (Displacement reaction) : ব্রোমিন পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন মুক্ত করে কিন্তু ক্লোরাইড বা ফ্লুরাইড হইতে ক্লোরিন বা ফ্লুরিন নির্মুক্ত করিতে পারে না। কারণ, ব্রোমিন শুধু মাত্র আয়োডিন হইতে অধিকতর সক্রিয়।

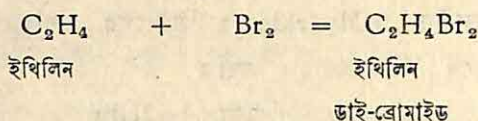
$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$

(viii) **ক্ষতকারক** (Corrosive) : ব্রোমিন শরীরে লাগিলে দুরারোগ্য ক্ষত সৃষ্টি করে।

(ix) **ব্লিচিং ক্ষমতা :** ব্রোমিনের সামান্য বিরঞ্জন ক্ষমতা বর্তমান। লিটমাস বিরঞ্জিত হয় এবং স্টার্চ কাগজ হলুদ হয়।

(x) **যুত যৌগ গঠন :** ক্লোরিনের ন্যায় ব্রোমিনও অসম্পৃক্ত যৌগের সঙ্গে যুত যৌগ (additive compound) গঠন করে। যথা :

$$C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2$$

ইথিলিন — ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড

4. আয়োডিনের ধর্ম (Properties of iodine)

(i) **ভৌত ধর্ম :** আয়োডিন গাঢ় বেগুনী বর্ণের দানাদার পদার্থ। ইহা সহজেই উর্ধ্বপাতিত করা যায়। আয়োডিন জলে সামান্য (5000 ভাগ জলে 1 ভাগ) দ্রবণীয় কিন্তু পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। আয়োডিনের পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ট্রাই-আয়োডাইড (KI_3) তৈরী হয়। যথা: $KI + I_2 = KI_3$; ইহা কার্বন টেট্রাক্লোরাইড ও কার্বন ডাই-সালফাইড এবং ক্লোরোফর্ম তরলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ইহার উর্ধ্বপাতন ধর্মের জন্য স্বাভাবিক তাপেই ইহা বেগুনী বাষ্পে পরিণত হয়। আয়োডিনের বাষ্পে ক্লোরিনের ন্যায় ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায়। 700°C তাপাংকের উর্ধ্বে তাপ-বিয়োজন ঘটে। যথা : $I_2 \rightleftharpoons 2I$

(ii) **রাসায়নিক সক্রিয়তা :** ইহা রাসায়নিক ধর্মে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের ন্যায় কিন্তু ইহা হ্যালোজেন সভ্যদের মধ্যে তুলনায় নিষ্ক্রিয়। তাই ফ্লুরাইড, ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড যৌগ হইতে ইহা ফ্লুরিন, ক্লোরিন বা ব্রোমিন বিমুক্ত করিতে পারে না।

(iii) **হাইড্রাইড** (Hydride) : ইহা স্বল্প সক্রিয় বলিয়া প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে তবেই হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। সাধারণ তাপে সংযোগ ঘটে খুব অল্প। যথা : $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

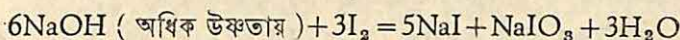
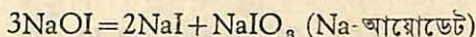
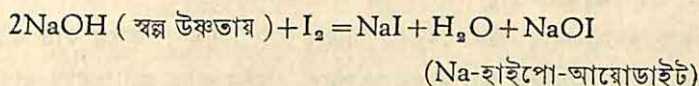
(iv) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with alkali) : ইহা ক্লোরিন ও ব্রোমিনের ন্যায় ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডাইড (KI) ও আয়োডেট (KIO_3) যৌগ গঠন করে

এরূপ বিক্রিয়ায় স্বল্প উষ্ণতায় যে হাইপো-আয়োডাইড যৌগ গঠিত হয় তাহা সঙ্গে সঙ্গেই আয়োডাইড ও আয়োডেট যৌগে পরিণত হয়। অধিক তাপাংকে সরাসরি আয়োডাইড আয়োডেট যৌগ গঠিত হয়। যথা:

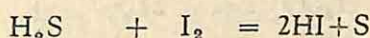
$$2NaOH \text{ (স্বল্প উষ্ণতায়)} + I_2 = NaI + H_2O + NaOI$$

(Na-হাইপো-আয়োডাইট)

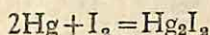
$$3NaOI = 2NaI + NaIO_3 \text{ (Na-আয়োডেট)}$$

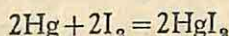
$$6NaOH \text{ (অধিক উষ্ণতায়)} + 3I_2 = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$$

(v) **মৃদু জারণ-ধর্ম** (Mild oxidising capacity): ইহা একটি মৃদু জারকদ্রব্য। ইহার বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। আয়োডিন মিশ্রিত জলে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) চালাইলে সালফার (S) অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। যথা:

$$H_2S + I_2 = 2HI + S$$

$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$

(vi) **ফসফরাসের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with phosphorus): সাদা ফসফরাসের চূর্ণ আয়োডিনের সংস্পর্শে আপনি তীব্রভাবে জ্বলিয়া ওঠে ও বেগুনী রঙের ধোঁয়া ছড়ায় এবং ফসফরাস আয়োডাইড যৌগ গঠিত হয়। যথা: $2P + 3I_2 = 2PI_3$

(vii) **মারকারীর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with mercury): অতিরিক্ত মার্কারীর (পারদ) সঙ্গে অল্প আয়োডিন মিশ্রিত করিয়া খলে মাড়িলে সবুজ বর্ণের মারকিউরাস আয়োডাইড (Hg_2I_2) তৈরী হয়। যথা:

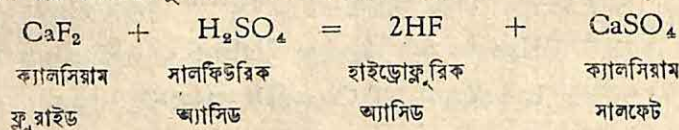
$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2$$

কিন্তু মারকারীর পরিমাণ স্বল্প এবং আয়োডিনের পরিমাণ বেশী হইলে লাল বর্ণের মারকিউরিক আয়োডাইড (HgI_2) তৈরী হয়। যথা:

$$2Hg + 2I_2 = 2HgI_2$$

(viii) **স্টার্চের বিক্রিয়া** (Action of starch): ইহা স্টার্চ দ্রবণকে নীববর্ণে পরিণত করে। এই বর্ণ উত্তাপে ফিকা হইয়া যায়। শীতল হইলে আবার নীল হয়।

হ্যালোজেনের হাইড্রাসিড

(Hydracid of Halogens)

1. **হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড** (HF)ঃ ইহা একটি অতি-বিষাক্ত কিন্তু প্রয়োজনীয় রাসায়নিক। সাধারণ অ্যাসিড বা ক্ষারে কাচ ক্ষয় হয় না। কিন্তু হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে কাচের পাত্র ক্ষয় হইয়া যায়। তাই কাচের পাত্রে অন্য অ্যাসিড রাখা সম্ভব হইলেও হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড রাখা যায় না। প্লাস্টিকের পাত্রে অথবা কাচের পাত্রের গায়ে মোমের প্রলেপ দিয়া হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড রাখা হয়। ইহা জলে দ্রবণীয়। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও ব্রোমাইড স্বাভাবিক তাপে গ্যাস কিন্তু হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড তরল। হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড তৈরী করা হয় সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড উত্তপ্ত করিয়া। যথা :

CaF_2	+	H_2SO_4	=	$2HF$	+	$CaSO_4$
ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড		সালফিউরিক অ্যাসিড		হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড		ক্যালসিয়াম সালফেট

এই হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড বা হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড (HF) স্বাভাবিক অবস্থায় তরল এবং জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয় ও বায়ুতে ধূমায়মান।

ব্যবহার (Uses) : হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের লবণ ব্যবহার করা হয় (i) জীবাণুনাশক রূপে, (ii) অ্যালকোহল, সুরাসার ও রঙ শিল্পে, (iii) সোডিয়াম ও জিংক ফ্লুরাইড কাঠ ও সিমেন্ট সংরক্ষণের কাজে, (iv) শিল্প কাজে ঢালাই লোহা ও অন্যান্য পদার্থের মিশ্রিত বালি অপসারণের জন্য হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। খনি হইতে পেট্রোলিয়াম উত্তোলনের গর্ত করার সময় বালির স্তর ভেদ করার জন্য এবং (v) সিলিকেট জাতীয় লবণের বিশ্লেষণে রসায়নাগারে বিকারক রূপে এই অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

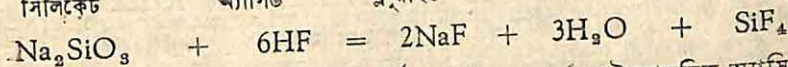
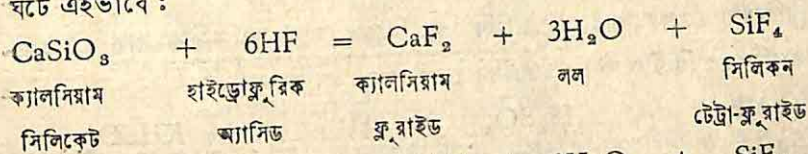
কাচ খোদাই (Etching of glass) : হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড কাচ খোদাই শিল্পে বিশেষভাবে ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড দিয়া কাচের গায় নাম লেখা এবং নক্সা কাটা যায়। কারণ, এই অ্যাসিডটি অনায়াসে কাচ ক্ষয় করিয়া দাগ কাটিতে পারে। প্রথমে কাচের গায় পাতলা মোমের প্রলেপ দিয়া কাচ ঢাকিয়া দেওয়া হয় ; এই প্রলেপের উপর সূচের

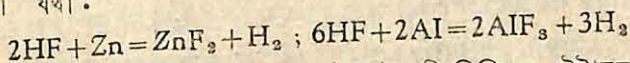
সাহায্যে দাগ কাটিয়া প্রয়োজন অনুযায়ী নাম বা চিত্র আঁকা হয়। এই চিত্রের উপরে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হয় অথবা অ্যাসিড গ্যাস চালানো হয়। ইহার ফলে হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় অনাবৃত কাচের উপর চিত্রানুযায়ী দাগ পড়ে এবং মোমে আবৃত স্থান অক্ষত থাকে। তারপিন তেলে মোম ধুইয়া ফেলিলে কাচের গায়ে সুস্পষ্ট চিত্র ফুটিয়া উঠে।

কাচের সাধারণ উপাদান সাধারণত ক্যালসিয়াম ও সোডিয়াম সিলিকেট ($CaSiO_3$, Na_2SiO_3) ; হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড ইহাদের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইড (SiF_4) নামের একটি উদ্বায়ী পদার্থ তৈরী করে। ইহা গঠিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

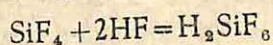
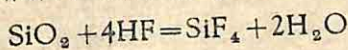
$$CaSiO_3 + 6HF = CaF_2 + 3H_2O + SiF_4$$

ক্যালসিয়াম সিলিকেট | হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড | ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড | জল | সিলিকন টেট্রা-ফ্লুরাইড

$$Na_2SiO_3 + 6HF = 2NaF + 3H_2O + SiF_4$$

হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের ধর্ম : (i) অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড তথা হাইড্রোজেন ফ্লুরাইড একটি বর্ণহীন ধূমায়মান (fuming) তরল। (ii) ইহার স্ফুটনাঙ্ক 19°C ; (iii) ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত পদার্থ এবং গায়ের চামড়ায় পড়িলে যে ক্ষত সৃষ্টি হয় তাহা নিরাময় করা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য। (iv) স্বল্প মাত্রায় এই গ্যাসে শ্বাস গ্রহণের ফলে বাকশক্তি রুদ্ধ হইয়া যায়। (v) সাধারণ ও উচ্চতাপে ইহার ফর্মুলা HF কিন্তু নিম্ন তাপমাত্রায় সম্ভবত ইহার গঠন H_3F_3 ; ইহা অপেক্ষাকৃত মৃদু অ্যাসিড। (vi) সোনা, রূপা ও পারদ ব্যতীত সমস্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও ফ্লুরাইড লবণ গঠিত হয়। যথা :

$$2HF + Zn = ZnF_2 + H_2 \; ; \; 6HF + 2Al = 2AlF_3 + 3H_2$$

(vii) বালি বা সিলিকার সঙ্গে ইহা উদ্বায়ী সিলিকন টেট্রাফ্লুরাইড (SiF_4) গঠন করে। এই যৌগটি অতিরিক্ত হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোফ্লুরো-সিলিসিক অ্যাসিড (H_2SiF_6) গঠন করে। যথা :

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$

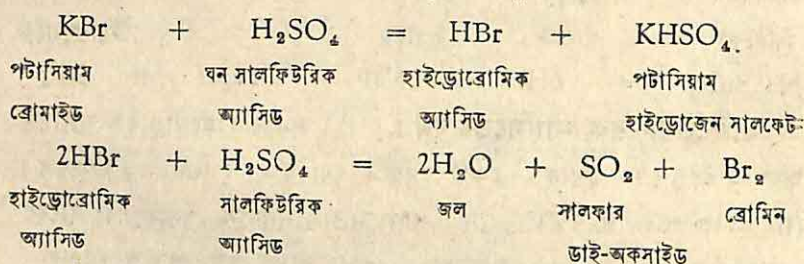
$$SiF_4 + 2HF = H_2SiF_6$$

(viii) শুষ্ক সোডিয়াম ফ্লুরাইড হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড শোষণ করিয়া সোডিয়াম হাইড্রোফ্লুরাইড গঠন করে। $HF + NaF = NaHF_2$

2. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl)**:** পূর্ব অধ্যায়ে বর্ণনা করা হইয়াছে।

3. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোজেন ব্রোমাইড
(Hydrogen bromide—HBr)

রসায়নাগারের প্রস্তুতি (Laboratory process)**:** ক্লোরাইড লবণের উপর ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। কিন্তু ধাতব ব্রোমাইডের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী করা যায় না। কারণ, এরূপ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের সঙ্গে অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বিতীয় পর্যায়ে ব্রোমিন তৈরী হয়। যথা :

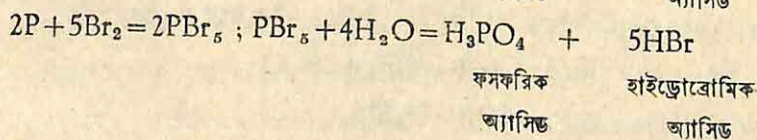
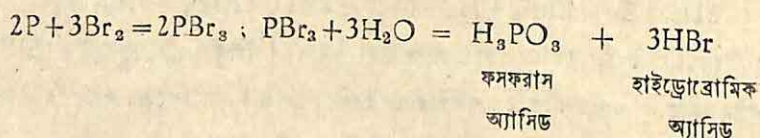
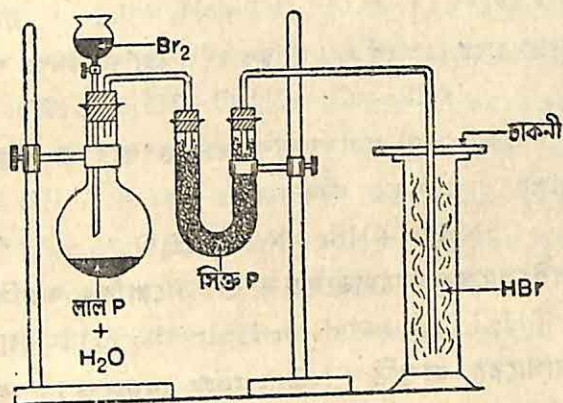
KBr	+	H_2SO_4	=	HBr	+	$KHSO_4$.
পটাসিয়াম ব্রোমাইড		ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড		হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড		পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট

$2HBr$	+	H_2SO_4	=	$2H_2O$	+	SO_2	+	Br_2
হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড		সালফিউরিক অ্যাসিড		জল		সালফার ডাই-অক্সাইড		ব্রোমিন

তাই, রসায়নাগারে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী করা হয় পরোক্ষভাবে। সিক্ত লাল ফসফরাসের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় প্রথম পর্যায়ে তৈরী হয় ফসফরাসের ট্রাই-ব্রোমাইড ও পেণ্টা-ব্রোমাইড PBr_3, PBr_5) এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে ফসফরাসের ব্রোমাইড যৌগ দুইটি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr) এবং ফসফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3) ও ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) তৈরী করে। যথা :

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3\ ;\ PBr_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HBr$$

ফসফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3)　　হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr)

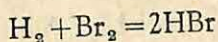
$$2P + 5Br_2 = 2PBr_5\ ;\ PBr_5 + 4H_2O = H_3PO_4 + 5HBr$$

ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)　　হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড (HBr)

একটি নির্গম-নল ও বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) ফিট করা ফ্লাস্কের মধ্যে **লাল ফসফরাস** এবং প্রায় দ্বিগুণ আয়তনের জল লও। ফ্লাস্কে সংযুক্ত নির্গম-নলটি সিক্ত-লাল-ফসফরাসে মাখানো খণ্ড খণ্ড টুকরা-ভরা

রসায়নাগারে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী

একটি U-নলের সঙ্গে ফিট কর। U-নলের অপর পার্শ্বের মুখ আরেকটি বড় নির্গম-নলের সঙ্গে যুক্ত করিয়া সেই নির্গম-নলের মুখটি একটি চিৎ করা গ্যাস জারের মধ্যে রাখ।

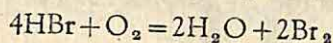
পরীক্ষার যন্ত্রপাতি এইভাবে সাজাইয়া ফ্লাস্কের জল ও ফসফরাস মিশ্রণ মৃদু তাপে উত্তপ্ত কর এবং বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া তরল ব্রোমিন লাল ফসফরাসের উপর ফেল। ফ্লাস্কে হাইড্রোব্রোমিক-অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হইবে এবং ইহার সঙ্গে যদি উদ্বৃত্ত ব্রোমিন মিশ্রিত থাকে তবে U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় লাল ফসফরাস তাহা শুষিয়া লইবে। বায়ু হইতে অপেক্ষাকৃত ভারী বলিয়া হাইড্রোজেন ব্রোমাইড গ্যাসজারে বায়ু উর্ধ্বমুখে সরাইয়া গ্যাসজারে সংগ্রহ কর।

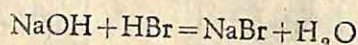
সংশ্লেষণ পদ্ধতি (Synthetic process) : তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া হাইড্রোজেন ও ব্রোমিন গ্যাস সরাসরিভাবে সংযুক্ত করিয়াও হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বা হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী করা যায়। যথা :—

$$H_2 + Br_2 = 2HBr$$

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের ধর্ম : হাইড্রোজেন ব্রোমাইড তীব্র গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস এবং ইহা বিশেষভাবে দ্রবণীয়। ইহার জলীয় দ্রবণই

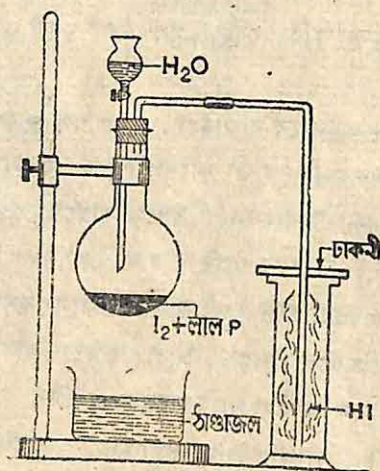
সাধারণত হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড নামে পরিচিত। অ্যাসিডের সম্পৃক্ত দ্রবণ আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হইতে দেখা যায়। ইহা যথেষ্ট শীতল করিয়া তরল ও কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। ইহার গঠন অপেক্ষাকৃত অস্থায়ী,—উচ্চতাপে ইহা বিশ্লেষিত হইয়া যায়। যথা : $2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$

সূর্যালোকে বায়ুর সংস্পর্শে ইহা জারিত হইয়া ব্রোমিন উৎপন্ন করে। যথা :

$$4HBr + O_2 = 2H_2O + 2Br_2$$

ইহা অপেক্ষাকৃত তেজী অ্যাসিড বলিয়া ধাতু ও ক্ষার বা ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতব ব্রোমাইড লবণ গঠন করে। যথা :

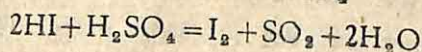
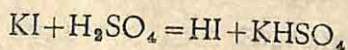
$$NaOH + HBr = NaBr + H_2O$$

4. হাইড্রোজেন আয়োডাইড বা হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড

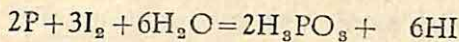
(Hydrogen Iodide or Hydriodic Acid—HI)

রসায়নাগারের প্রস্তুতি (Laboratory process): হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ন্যায় হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) যৌগের সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া তৈরী করা সম্ভব

রসায়নাগারে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি

হয় না। কারণ, উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইডের সঙ্গে অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় আয়োডিন তৈরী হয়। যথা :

$$KI + H_2SO_4 = HI + KHSO_4$$

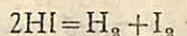
$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

তাই হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ন্যায় জলে সিক্ত লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন আয়োডাইড তৈরী করা যায়। যথা:

$$2P + 3I_2 + 6H_2O = 2H_3PO_3 + 6HI$$

ফস্‌ফরাস অ্যাসিড হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড

নির্গম-নল ও বিন্দুপাতী ফানেল ফিট-করা একটি ফ্লাস্কে রাখা হয় আয়োডিন ও **লাল** ফসফরাস মিশ্রণ (**সাদা ফসফরাস ও আয়োডিনের সংযোগে বিস্ফোরণ ঘটে**)। ইহার উপরে বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল ফেলা হয়। এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI) গ্যাস বায়ু হইতে ভারী বলিয়া খাড়া গ্যাসজারের বায়ু ঊর্ধ্বমুখে অপসারিত করিয়া ইহা সংগ্রহ করা হয়। আয়োডিন কঠিন পদার্থ বলিয়া নির্গত গ্যাসের সঙ্গে আয়োডিন মিশ্রিত থাকে না। তাই এরূপ পদ্ধতিতে উৎপন্ন গ্যাস লাল ফসফরাসের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করার প্রয়োজন হয় না।

সংশ্লেষণ পদ্ধতি (Synthetic process): উত্তপ্ত প্লাটিনাম অনুঘটকের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের ন্যায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বাষ্পের সংযোগে হাইড্রোজেন আয়োডাইড (HI) তৈরী করা যায়। কিন্তু বিক্রিয়াটি প্রতিমুখী বলিয়া আংশিকভাবে সম্পন্ন হয়। যথা: $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$

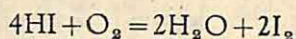
হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের ধর্ম: হাইড্রোজেন আয়োডাইড ঝাঁঝালো গন্ধী একটি বর্ণহীন গ্যাস এবং ইহা জলে বিশেষভাবে দ্রবণীয়। এই জলীয় দ্রবণ সাধারণত হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড নামে পরিচিত। সাধারণ তাপ বা সূর্যালোকে ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া আয়োডিন নির্মুক্ত করে।

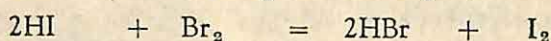
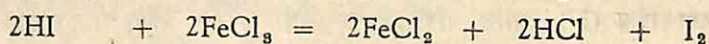
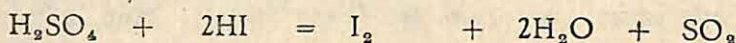
$$2HI = H_2 + I_2$$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডের চেয়ে ইহা সহজে তরল বা কঠিন অবস্থায় পরিণত করা যায়।

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডও অন্যান্য হ্যালোজেন অ্যাসিডের ন্যায় বিভিন্ন ধাতু ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতব লবণ তৈরী করে। [KI, HgI_2, PbI_2, ইত্যাদি]।

বিজারক ধর্ম: হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড একটি তীব্র বিজারক দ্রব্য (reducing agent)। ইহা বিভিন্ন পদার্থকে বিজারিত করে কিন্তু

নিজে জারিত হইয়া অর্থাৎ ইলেকট্রো-পজেটিভ হাইড্রোজেন হারাইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়। বায়ুর সংস্পর্শেও ইহার আয়োডিন বিমুক্ত হয়। যথা:

$$4HI + O_2 = 2H_2O + 2I_2$$

ইহার বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে বিভিন্ন বিক্রিয়া ঘটে। উদাহরণস্বরূপ উচ্চযোজী ফেরিক যৌগ নিম্নযোজী ফেরাস যৌগে পরিণত হয় এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ইহার বিক্রিয়া ঘটে। ইহা ক্লোরিন ও ব্রোমিন এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদিকেও বিজারিত করে। যথা:

$$H_2SO_4 + 2HI = I_2 + 2H_2O + SO_2$$
$$2HI + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2HCl + I_2$$
$$2HI + Br_2 = 2HBr + I_2$$
$$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$$

হ্যালোজেনের ব্যবহার (Uses of halogens)

1. **ফ্লুরিন:** ফ্লুরিন অত্যন্ত সক্রিয় বলিয়া ইহার ব্যবহার স্বল্প। কিন্তু হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিড কাচ খোদাইয়ের কাজে ব্যবহৃত হয়। [পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে।]

2. **ক্লোরিন:** ক্লোরিনের অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।

3. **ব্রোমিন** (Uses): (i) ব্রোমিন রঙ ও ঔষধ তৈরী করার কাজে, (ii) জীবাণুনাশক রূপে, এবং (iii) জৈব রসায়নের সংশ্লেষণ বিক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয়, (iv) **ইথাইল পেট্রল** তৈরী করার জন্য প্রচুর পরিমাণে ব্রোমিন লাগে। মোটরের ক্ষয়ক্ষতি হ্রাস করার জন্য ইথাইল-পেট্রল ব্যবহার করা হয়। (v) ব্রোমিনের চেয়েও ব্রোমাইডের ব্যবহার বেশী। পটাসিয়াম ব্রোমাইড (KBr) ঘুমের ঔষধ এবং রঙ প্রস্তুতির জন্য দরকার হয়। (vi) পটাসিয়াম ব্রোমাইড সিলভার ব্রোমাইড (AgBr) ফটোগ্রাফীর কাজে বিশেষভাবে প্রয়োজনীয়।

4. **আয়োডিন:** (i) আয়োডিন একটি অতি তেজী জীবাণু-নাশক রাসায়নিক। যে '**টিঞ্চার আয়োডিন**' আমরা কাটা ঘা ও ক্ষতে ব্যবহার করি তাহা আয়োডিন, পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং স্পিরিট বা অ্যাল্‌কোহলের সম পরিমাণে মিশ্রিত দ্রবণ। জীবদেহের থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ড হইতে আয়োডিন

ক্ষরিত হয়। (ii) আমাদের রক্তে জীবাণু ঢুকিলে থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ড হইতে আয়োডিন ক্ষরিত হইয়া দেহের জীবাণু নাশ করিয়া দেয়। আমাদের খাদ্যের সঙ্গে কিছু আয়োডিন প্রয়োজন। অনেক সময় আয়োডিন প্রয়োগে রুগ্ন শিশুদের স্বাস্থ্যোন্নতি হয়, মুরগী বেশী ডিম দেয় এবং গরু বেশী দুধ দেয়। (iii) আয়োডিন তাই নানারকম ঔষধ তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। (iv) জীবাণুনাশক দ্রব্যরূপে, (v) রঞ্জন শিল্পে, (vi) আয়োডোফর্ম তৈরী করার জন্য এবং আয়োডাইড প্রস্তুতির উপাদানরূপেও প্রচুর পরিমাণে আয়োডিন ব্যবহৃত হয়।

(vii) আয়োডিনের যৌগের মধ্যে পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI) ঔষধ তৈরী করার জন্য এবং পটাসিয়াম ও সিলভার আয়োডাইড (AgI) ফটোগ্রাফীর জন্য ব্যবহার করা হয়।

মার্কারীর আয়োডাইড—HgI ও HgI_2 সিলভার আয়োডাইড - AgI, পটাসিয়াম আয়োডাইড—KI ; ইহারা আয়োডিনের বিশেষ **আয়োডাইড** যৌগ।

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড একটি বিজারক দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

আয়োডিন যৌগের কয়েকটি পরীক্ষা ঃ একটি পরীক্ষা-নলে জল লও ও তার মধ্যে কয়েকদানা আয়োডিন ফেল। আয়োডিন জলে অল্প দ্রবণীয় বলিয়া জলের রঙ হাল্‌কা বাদামী দেখাইবে। পরীক্ষা-নলের এই আয়োডিনে কয়েক দানা পটাসিয়াম আয়োডাইড ফেল এবং পরীক্ষা নলটি ঝাঁকাও। পরীক্ষা-নলের তরল ঘন বাদামী রঙে পরিণত হইবে। কারণ, আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে বেশী পরিমাণে দ্রবণীয়।

(ii) পরীক্ষা-নলে মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$) দ্রবণ লও। এই দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ ফেল। প্রথমে পরীক্ষা নলে লাল অধঃক্ষেপ পড়িবে। পরীক্ষা-নলে বেশী করিয়া পটাসিয়াম আয়োডাইড ঢাল। লাল রঙ বর্ণহীন হইয়া স্বচ্ছ তরলে পরিণত হইবে। কারণ, মারকিউরিক আয়োডাইড (HgI_2) পটাসিয়াম আয়োডাইড-এর (KI) মধ্যে বিশেষভাবে দ্রবণীয়।

(ii) ত্রিপদের উপর স্থাপিত তারজালে কয়েক টুকরা আয়োডিন রাখ। এই আয়োডিনের উপর সাবধানে চিমটা দিয়া ধরিয়া ছোট এক টুকরা **সাদা ফসফরাস** ফেল। আয়োডিন সাদা ফসফরাসের সংস্পর্শে আসা মাত্র দাউ দাউ করিয়া দীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে।

(iii) একটি ফ্লাস্কের মধ্যে এক চামচ অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়া লও এবং তার সঙ্গে এক চামচ আয়োডিনের গুঁড়া মিশাও। ফ্লাস্কে কয়েক ফোঁটা জল ফেলিয়া মিশ্রণটি নাড়াইয়া দাও। দেখিবে, কিছুক্ষণের মধ্যে ফ্লাস্কটি বেগুনী বাষ্পে ভরিয়া যাইবে এবং তার মধ্যে আলোর স্ফুলিঙ্গ দেখা যাইবে।

(v) একটি পরীক্ষা নলে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ তৈরী কর এবং তার মধ্যে কয়েক টুকরা আয়োডিন ফেলিয়া দাও। এক বীকার জলে কয়েক ফোঁটা ভাত বা ময়দার মাড় মিশাও। এই মাড়-জলে এক ফোঁটা আয়োডিন দ্রবণ ফেল। দেখিবে মাড়-জলের রঙ গাঢ় নীল বর্ণে পরিণত হইয়াছে। মাড় স্টার্চের দ্রবণ। যে কোন স্টার্চের দ্রবণ বিন্দুমাত্র পরিমাণ আয়োডিনের সংস্পর্শে নীল হইয়া যায়।

হ্যালোজেন সভ্যদের সক্রিয়তা
(Reactivity of the halogen members)

হ্যালোজেন পরিবারের সভ্যদের রাসায়নিক সক্রিয়তায় একটি সুনির্দিষ্ট ক্রম দেখা যায়। ফ্লুরিন ক্লোরিনের চেয়ে, ক্লোরিন ব্রোমিনের চেয়ে এবং ব্রোমিন আয়োডিনের চেয়ে বেশী সক্রিয়। ফ্লুরিনের ক্ষেত্রে অন্ধকারেও হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটে কিন্তু হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ার জন্য ক্লোরিনের বেলায় আলোকরশ্মি-সম্পাত করা চাই। ব্রোমিনের ক্ষেত্রে আলোকরশ্মিতেও এরূপ বিক্রিয়া ঘটে ধীরে ধীরে। আয়োডিনের ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ার জন্য তাপ ও অনুঘটক প্রয়োজন। ইহা ছাড়া ফ্লুরিন সহজেই জলের অণু ভাঙ্গিয়া ফেলে, ক্লোরিন জলের অণু ভাঙ্গে সূর্যের আলোতে, ব্রোমিন ভাঙ্গে খুব ধীরে ধীরে কিন্তু আয়োডিন জল অণু ভাঙ্গিতে অক্ষম। ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের সক্রিয়তার পার্থক্য সুস্পষ্ট হইয়া উঠে এই বিক্রিয়াটিতে।

(i) ফ্লুরিন KCl, KBr, KI দ্রবণ হইতে Cl_2, Br_2, ও I_2 নির্মুক্ত করিয়া দেয়। যথা: $F_2+2KX=2KF+X_2$ [X=Cl, Br, I]

(ii) ক্লোরিন KBr ও KI দ্রবণ হইতে Br_2 ও I_2 নির্মুক্ত করে। যথা:
$Cl_2+2KX=2KCl+X_2$ [X=Br, I]

(iii) ব্রোমিন KI দ্রবণ হইতে I_2 নির্মুক্ত করে। যথা:
$Br_2+2KI=2KBr+I_2$

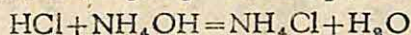
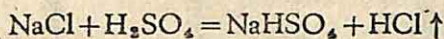
(iv) কিন্তু আয়োডিন KF, KCl বা KBr হইতে F_2, Cl_2 বা Br_2 নির্মুক্ত করিতে পারে না।

ক্লোরাইড মূলক সনাক্তকরণ

1. **ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড** (Conc. H_2SO_4): **শুষ্ক পরীক্ষা** (Dry test):

(i) **ক্লোরাইড** (Cl^-): পরীক্ষা নলে স্বল্প পরিমাণে কঠিন ক্লোরাইড লবণ (NaCl) লও। ইহার মধ্যে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও এবং মিশ্রণ

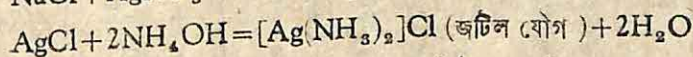
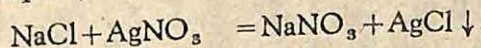
সামান্য উত্তপ্ত কর। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী হইবে। পরীক্ষা নলের মুখে—(ক) একটি সিক্ত নীল লিটমাস কাগজ ধর। লিটমাস কাগজ লাল হইয়া যাইবে। (খ) পরীক্ষা নলের মুখে অ্যামোনিয়া (NH_4OH) সিক্ত একটি কাচের রড ধর। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি হইবে।

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl\uparrow$$
$$HCl + NH_4OH = NH_4Cl + H_2O$$

2. **ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড** (Conc. $H_2SO_4 + MnO_2$) :

(i) **ক্লোরাইড** (Cl^-) : পরীক্ষা নলে কঠিন ক্লোরাইড লবণ ($NaCl$) লও। সেই সঙ্গে কালো ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড (MnO_2) মিশাও এবং মিশ্রণে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া পরীক্ষা নল সামান্য উত্তপ্ত কর। এরূপ পরীক্ষায়—(ক) হরিদ্রাভ সবুজ বর্ণের ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হইবে, (খ) এই গ্যাসে শ্বাসরুদ্ধ হয় (গ) এই গ্যাসে লিটমাস কাগজ বিরঞ্জিত করে এবং (ঘ) পটাসিয়াম আয়োডাইড স্টার্চ কাগজ নীলবর্ণে পরিণত করে।

3. **সিক্ত পরীক্ষা** (Wet test) **: সিলভার নাইট্রেট লবণ** ($AgNO_3$)

(i) **ক্লোরাইড** (Cl^-) : পরীক্ষা-নলে ক্লোরাইড দ্রবণ ($NaCl$) লও এবং ইহার মধ্যে সিলভার নাইট্রেট লবণ ঢাল। সিলভার ক্লোরাইডের ($AgCl$) দধির ন্যায় দেখিতে সাদা বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়িবে। দুইটি পরীক্ষা-নলে এই অধঃক্ষেপ দুইভাগে ভাগ কর। একভাগ অধঃক্ষেপে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড (dil. HNO_3) ঢাল—অধঃক্ষেপ অদ্রবীভূত থাকিবে। অপর ভাগে লঘু অ্যামোনিয়া (NH_4OH) ঢাল। অধঃক্ষেপে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। বিক্রিয়া :

$$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl\downarrow$$
$$AgCl + 2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]Cl \text{ (জটিল যৌগ)} + 2H_2O$$

লঘু অ্যামোনিয়াতে দ্রবীভূত দ্রবণে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাল। পুনরায় সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ পড়িবে। যথা :

$$[Ag(NH_3)_2]\,Cl + 2HNO_3 = AgCl + 2NH_4NO_3$$

ফ্লুরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ক্রমান্বয়িক তুলনা

ধর্ম	ফ্লুরিন (F)	ক্লোরিন (Cl)	ব্রোমিন (Br)	আয়োডিন (I)
1. পারমাণবিক গুরুত্ব	19	35·5	80	127
2. অবস্থা, বর্ণ, গন্ধ	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত সবুজাভ হলুদ গ্যাস।	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত হরিদ্রাভ সবুজ গ্যাস।	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গাঢ় লাল বর্ণের তরল পদার্থ।	ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গাঢ় বেগুনী বর্ণের কঠিন পদার্থ।
স্ফুটনাঙ্ক	—187°	—34°	—59°	184°
3. দ্রবণীয়তা	জলের বিশ্লেষিত করিয়া O_2 ও O_3 নির্গত করে।	জলে মোটামুটি দ্রবণীয়।	জলে ক্লোরিনের চেয়ে কম দ্রবণীয়।	জলে সামান্য দ্রবণীয়।
4. আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ুর চেয়ে সামান্য ভারী। (তরল অবস্থায়) আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·11	বায়ুর চেয়ে $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী; (তরল অবস্থায়) আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5	আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·19	আপেক্ষিক-গুরুত্ব 4·9
5. হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	অন্ধকারেও বিস্ফোরণ ঘটাইয়া H_2-এর সঙ্গে যুক্ত করিয়া HF গঠন করে।	সূর্যালোকে H_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় HCl গঠন করে।	উত্তপ্ত করিলে H_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া HBr গঠন করে।	অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে তবে H_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া HI গঠন করে।
6. জলের সহিত বিক্রিয়া	সাধারণ তাপে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় HF এবং O_2 ও O_3 গঠন করে।	সূর্যালোকে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় HCl এবং O_2 গঠন করে।	দীর্ঘ সময় সূর্যালোকে রাখিলে ধীরে ধীরে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় HBr ও O_2 গঠন করে।	জলের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

ধর্ম	ফ্লুরিন (F)	ক্লোরিন (Cl)	ব্রোমিন (Br)	আয়োডিন (I)
7. ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া	প্রায় সমস্ত ধাতু ইহার মধ্যে জ্বলিয়া ওঠে এবং ফ্লুরাইড যৌগ গঠন করে। (NaF, CaF_2)	অধিকাংশ ধাতু ইহার মধ্যে জ্বলিয়া ওঠে এবং ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে। (KCl, $MgCl_2$)	প্রায় সমস্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় কিন্তু মাত্র কয়েকটি ধাতু ইহার মধ্যে জ্বলিয়া উঠে (KBr, $MgBr_2$)।	প্রায় সমস্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় কিন্তু ইহার-মধ্যে প্রজ্বলিত হয় না। (KI, AgI, PbI_2)
8. বিরঞ্জন ক্ষমতা	জৈব পদার্থকে ভাঙ্গিয়া ফেলে। প্রবল জারক দ্রব্য।	জৈব পদার্থের বর্ণ সহজেই বিরঞ্জিত করে। জারক দ্রব্য।	ক্লোরিনের চেয়ে অনেক ধীরে ধীরে জৈব পদার্থের বর্ণ বিরঞ্জিত করে। জারক দ্রব্য।	কোন বিরঞ্জন ক্ষমতা নাই। সামান্য জারণ ক্ষমতা বর্তমান।
9. ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া	ফ্লুরাইড ও অক্সাইড গঠন করে।	ক্লোরাইড, হাইপোক্লোরাইট এবং ক্লোরেট গঠন করে।	ব্রোমাইড হাইপোব্রোমাইট ও ব্রোমেট গঠন করে।	আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইট ও আয়োডেট গঠন করে।
10. সক্রিয়তা	সবচেয়ে সক্রিয় সভ্য; ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগ হইতে Cl_2, Br_2, I_2 নিমুক্ত করে।	F-এর চেয়ে কম সক্রিয়, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড যৌগ হইতে, Br_2, I_2 নির্মুক্ত করে।	Cl-এর চেয়ে কম সক্রিয়, আয়োডাইড যৌগ হইতে I_2 নির্মুক্ত করে।	সবচেয়ে কম সক্রিয়, ফ্লুরাইড, ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড যৌগ হইতে F_2, Cl_2, Br_2 নির্মুক্ত করিতে পারে না।

দ্রষ্টব্য: বিক্রিয়া আগেই সংশ্লিষ্ট অংশে বর্ণনা করা হইয়াছে।

প্রশ্ন

1. কোন্ কোন্ মৌলিক পদার্থ হ্যালোজেন পরিবারের সভ্য ? উহাদিগকে হ্যালোজেন বলা হয় কেন ? উহাদের সাদৃশ্য উদাহরণাদি দ্বারা ব্যাখ্যা কর।

2. ঘন হাইড্রোক্লোরিক হইতে ক্লোরিন প্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। ক্লোরিনের প্রধান প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর।
[H. S. Exam. 1960]

3. রসায়নাগারে সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে কি প্রকারে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয় ? ক্লোরিন গ্যাসটি কি প্রকারে সংগ্রহ করা হয় ? কি শর্তে এবং কি ভাবে ক্লোরিনের—(a) অ্যামোনিয়া ; (b) পটাসিয়াম ব্রোমাইড ; (c) আর্দ্রচুন ; এবং (d) লোহার সহিত বিক্রিয়া ঘটে ? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।
[H. S. Exam. (Compart) 1960, 62]

4. ক্লোরিনের একটি বাণিজ্যিক প্রস্তুতি বর্ণনা কর। (a) অ্যামোনিয়া ; (b) ভিজা কলিচুন ; (c) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (d) অ্যান্টিমনি গুড়া বা সোডিয়াম প্রভৃতির উপর ক্লোরিনের বিক্রিয়া সমীকরণসহ বিবৃত কর।
[H. S. Exam. 1963]

5. সমীকরণসহ ক্লোরিনের রসায়নাগারে প্রস্তুতি বর্ণনা কর। (a) উত্তপ্ত ফসফরাস ; (b) কষ্টিক সোডার শীতল এবং লঘু দ্রবণ ; (c) পটাসিয়াম ব্রোমাইড দ্রবণ ; (d) CO গ্যাস প্রভৃতির সহিত ক্লোরিন কিরূপে বিক্রিয়া ঘটায় উহার বর্ণনা কর।
[H. S. Exam. (Compart) 1963, '65]

6. সোডিয়াম, তামা এবং লোহা—এই সকল ধাতুর সহিত ক্লোরিন কি প্রকারে বিক্রিয়া ঘটায় সমীকরণসহ লিখ।

কি উপায়ে উল্লিখিত ধাতুগুলির যৌগিক পদার্থকে পুনরায় ধাতুতে পরিণত করিবে ?
[H. S. Exam. 1964]

7. কি প্রকারে এবং কি শর্তে ক্লোরিন—(*a*) অ্যালুমিনিয়াম ; (*b*) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ; (*c*) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ; (*d*) কার্বন মনক্সাইড ; এবং (*e*) জল—প্রভৃতির সহিত বিক্রিয়া ঘটায় ? সমীকরণ দাও।
[H. S. Exam. 1966 (Compart)]

8. ক্লোরিন একটি জারক পদার্থ, ইহা কিরূপে প্রমাণ করিবে ? ইহার বিরঞ্জন ধর্মের ব্যবহার বর্ণনা কর।
[H. S. Exam. 1965]

9. রসায়নাগারে কি প্রকারে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাস তৈয়ারী করা হয়?

[H. S. Exam. 1966, 1967]

10. শিল্প-পদ্ধতিতে ব্লিচিং পাউডার কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয়। ইহার ফর্মুলা কি? ব্লিচিং পাউডারে "প্রাপ্তব্য ক্লোরিন" বলিতে কি বুঝায়? এক টুকরা সূতি-বস্ত্র কি পদ্ধতিতে বিরঞ্জিত করিবে?

[Engineering Degree Entrance Exam. 1962]

11. রসায়নাগারে ব্রোমিন প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার সমীকরণ দাও। ইহার চারটি ধর্ম বিবৃত কর এবং ইহাদের সহিত ক্লোরিনের এবং আয়োডিনের অনুরূপ ধর্মের তুলনা কর।

[H. S. Exam. (Compart.) 1961,' 67]

12. রসায়নাগারে ফ্লুরিন কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয়? প্রস্তুতির যন্ত্রের একটি সুন্দর চিত্র অঙ্কন কর। মৌলটির তিনটি প্রধান ধর্ম বিবৃত কর এবং ক্লোরিনের অনুরূপ ধর্মের সহিত তুলনা কর। [H. S. Exam. 1965]

13. (*a*) পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে আয়োডিন এবং (*b*) হাইড্রোফ্লুরিক অ্যাসিডের দ্রবণ—ইহাদের প্রস্তুত প্রণালী সমীকরণসহ সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [H. S. Exam. (Compart) 1960]

14. আয়োডিনের প্রধান উৎস কি কি? ঐ সকল উৎস হইতে কি প্রকারে আয়োডিন পাওয়া যায়; উহার বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। (*a*) নাইট্রিক অ্যাসিড, (*b*) হাইড্রোজেন সালফাইড, (*c*) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (*d*) কষ্টিক সোডা এবং (*e*) লোহার টুকরা—ইত্যাদির উপর আয়োডিনের ক্রিয়ার ব্যাখ্যাসহ বর্ণনা কর।

15. শিল্প-পদ্ধতিতে ব্রোমিন কি প্রকারে প্রস্তুত করা হয়? ইহার ধর্ম এবং ব্যবহার বিবৃত কর। একটি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ ব্রোমাইডের নাম কর এবং উহার ব্যবহারের বর্ণনা কর। [C. U. Inter. 1959]

মৌলিক পদার্থ সালফার

1777 সালে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রথম প্রমাণ করেন যে সালফার কোন যৌগিক পদার্থ নয়—একটি মৌলিক পদার্থ। সালফারের প্রতীক স্থির হয়—S এবং পারমাণবিক ওজন—32, যোজ্যতা—2, 4 বা 6.

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি (Natural sources) **:** সালফার মৌলরূপে মুক্ত অবস্থায় প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। সিসিলি, জাপান এবং আমেরিকা সালফারের প্রধান ভাণ্ডার। বেলুচিস্তানেও সালফার পাওয়া যায়। আগে সিসিলি ছিল পৃথিবীর সমস্ত দেশে সালফার সরবরাহের প্রধান কেন্দ্র। এখন বিশ্বের শতকরা 90 ভাগেরও বেশী সালফার আমদানী হয় আমেরিকার টেক্সাস ও লুসিয়ানা প্রদেশের সালফার খনি হইতে।

ধাতব সালফাইড ও সালফেট লবণরূপেও (metallic sulphide and sulphate) প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে সালফার পাওয়া যায়। এই সব সালফাইড এক একটি বিশেষ নামে পরিচিত। যথা: আয়রন পিরাইটিস—FeS_2 ; কপার পিরাইটিস—Cu_2S, Fe_2S_3, জিংক ব্লেণ্ড—ZnS ; গ্যালেনা—PbS ; সিনাবার বা হিঙ্গুল—HgS ইত্যাদি। সালফেটের মধ্যে উল্লেখযোগ্য যৌগ—অ্যানহাইড্রাইট—$CaSO_4$; জিপসাম—[$CaSO_4, 2H_2O$] (ব্যারাইটিস) ব্যারিয়াম সালফেট—$BaSO_4$; কাইসেরাইট বা ম্যাগনেসিয়াম সালফেট—$MgSO_4, H_2O$ ইত্যাদি।

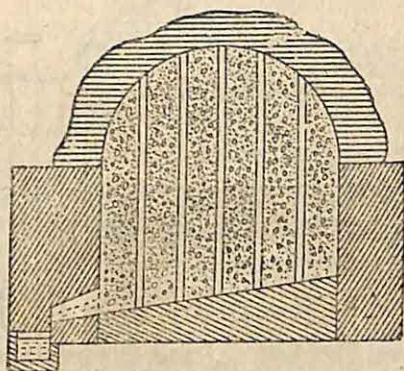
জৈব পদার্থ ডিম, রসুন, পেঁয়াজ, সরিষার তেল, চুল ইত্যাদির মধ্যে সালফার বর্তমান।

ভারতে মৌল সালফার পাওয়া যায় না। আয়রন পিরাইটিস যৌগরূপে বিহার, উড়িষ্যা মধ্যপ্রদেশ ও আসামে ইহা পাওয়া যায়। মৌল সালফার বিদেশ হইতে ভারতে আমদানী করা হয়।

সালফারের বৃহদায়তন প্রস্তুতি

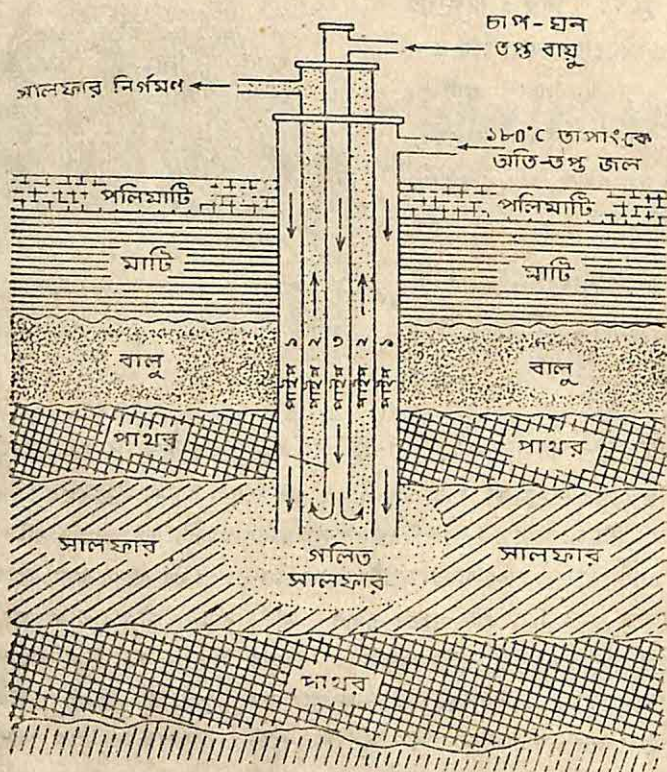
(Large scale production of sulphur)

1. সিসিলির সালফার নিষ্কাশন : সিসিলির সালফার পাওয়া যায় পাথুরে পদার্থের সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায়। এই পাথুরে সালফারের মধ্যে থাকে 30% সালফার এবং বাকী পদার্থ মাটি, চুনাপাথর, বালি, জিপসাম ইত্যাদি।

এই সালফার-পাথর প্রথমে গুঁড়া করিয়া পাহাড়ের ঢালু গায়ে ইটে তৈরী ভাটির (kiln) মধ্যে স্তুপ করা হয়। এই স্তূপের বাইরের দিকে আগুন ধরাইয়া দিলে স্তূপের উপরকার সালফার আংশিকভাবে পুড়িয়া যায় এবং তার ফলে যে তাপ সৃষ্টি হয় সেই তাপে বাকী সালফার গলিয়া তরল হইয়া পাথর হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়। এই তরল সালফার কাঠের ছাঁচের মধ্যে জমানো হয়। সালফারে প্রায় 5% ময়লা থাকে।

সালফার নিষ্কাশনের ভাটি

আমেরিকান সালফার : 1868 সালে আমেরিকায় প্রচুর সালফারের সন্ধান পাওয়া যায়। কিন্তু সালফারের স্তর প্রায় 600—800 ফুট পাথুরে মাটির নীচে থাকে। একমাত্র টেক্সাসের মাটির নীচেই প্রায় 12 কোটি মণ সালফার জমা আছে। কিন্তু সালফার খনির সন্ধান পাওয়া গেলেও কিভাবে যে এই সালফার মাটির তলা হইতে তোলা যায় তাহার উপায় উদ্ভাবন করা ইঞ্জিনীয়ারদের কাছে ছিল এক গুরুতর সমস্যা। মাটির নীচে একটিস্তরে পাওয়া যায় বালি। মাটি খোদাই করার সময় বালি ধ্বসিয়া যায় বলিয়া সালফার উত্তোলন করা ইঞ্জিনিয়ারদের পক্ষে দুঃসাধ্য হইয়া পড়ে। ছত্রিশ বছর পরে 1904 সালে ফ্রাশ্ (Frasch) নামে একজন ইঞ্জিনিয়ার সালফার উত্তোলনের একটি অভিনব পদ্ধতি আবিষ্কার করেন। সেই পদ্ধতিই এখন আমেরিকার সালফার খননের কার্যকরী পন্থা।

ফ্রাশ্ পদ্ধতি (Frasch process) : আমেরিকার সালফার পাওয়া যায়, মাটি, বালি ও চুনাপাথরের কঠিন স্তরের তলায় প্রায় 300 ফুট নীচে। সমকেন্দ্রিকভাবে (concentric) অর্থাৎ একটার ভিতর আর একটা—এরূপ ভাবে তিনটি পাইপ একত্রে মাটি, বালি ও চুনাপাথরের স্তর ভেদ করিয়া সালফার স্তর পর্যন্ত বসানো হয়। প্রথমে বহিঃস্থ মোটা পাইপ (1নং পাইপ) দিয়া 180°C তাপাংকে অতিতপ্ত (super heated) জল বর্ধিত চাপ দিয়া মাটির তলায় সালফার স্তর পর্যন্ত পাঠান হয়। [জল 100°C তাপাংকে বাষ্প হইয়া যায়। কিন্তু শক্ত ধাতু দিয়া গড়া আবদ্ধ বয়লারে উচ্চ-চাপে 180°C-এ উত্তপ্ত করার পরেও অতি-তপ্ত জলকে তরল রাখা যায়।] অতি-তপ্ত জলের তাপের সালফারের কঠিন স্তর গলিয়া তরল হইয়া যায়।

এরূপ অবস্থায় মধ্যবর্তী পাইপের (3নং পাইপ) ভিতর দিয়া মাটির তলায় তরল সালফারের উপরে প্রবল তপ্ত-বায়ু চাপে চালানো হয়। এই তপ্ত-বায়ুর

আমেরিকান (ফ্রাশ) পদ্ধতিতে সালফার উত্তোলন

নিম্নমুখী প্রবল চাপে তরল সালফার প্রথম ও তৃতীয় পাইপের মাঝে স্থাপিত দ্বিতীয় পাইপ দিয়া উপরে উঠিয়া আসে। এই তরল ও তপ্ত সালফারকে ঢালা হয় কাঠের ছাচে। কঠিন সালফার তৈরী হয় এরূপ ছাচের আকারে। এই সালফার প্রায় শতকরা 99·5—99·7 ভাগ বিশুদ্ধ। কাজেই ইহাকে আর শোধন করা হয় না।

সালফার বিশোধন (Purification) ঃ অ্যামেরিকান সালফার প্রায় বিশুদ্ধ কিন্তু সিসিলির সালফারে যথেষ্ট ময়লা থাকে। সালফার পরিস্রুত করা হয় বাষ্পায়ন বা পাতন পন্থায়। অবিশুদ্ধ (impure) সালফার প্রথমে একটি

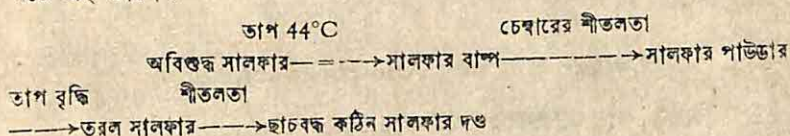
লোহার পাত্রে গলানো হয়। এই তরল সালফার পাইপের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় পাইপটিকে চুল্লীর কড়া তাপে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে উত্তপ্ত হওয়ার সময় 440°C তাপাংকে সালফার বাষ্পে পরিণত হয়। এই বাষ্পীয় সালফার প্রবেশ করে ইটে তৈরী একটি প্রশস্ত চেম্বার বা কক্ষে। সালফারের তপ্ত বাষ্প সংগ্রাহক কক্ষ বা চেম্বারের শীতল দেওয়ালে প্রথম সালফার আস্তরণের আকারে জমিতে আরম্ভ করে। সালফারের এরূপ পাউডারকে বলা হয় **ফ্লাওয়ার অব সালফার** (flower of sulphur)। চেম্বারের দেওয়ালে যথেষ্ট পরিমাণে তপ্ত সালফার পাউডার জমা হওয়ার পরে চেম্বারের তাপ বাড়িয়া যায়। ইহার ফলে দেওয়ালে পুঞ্জীভূত সালফার-আস্তরণ গলিয়া তরল সালফারে পরিণত হয় এবং এই তরল সালফার নির্গম-নালা দিয়া ছাঁচে ঢালিয়া **দণ্ডাকার কঠিন সালফার বা রোল সালফার** (roll sulphur) তৈরী করা হয়। সালফার পরিস্রুতির ক্রিয়াটি ঘটে এই ভাবে :

সলফার বিশোধন

তাপ 44°C — চেম্বারের শীতলতা

অবিশুদ্ধ সালফার—=-—→সালফার বাষ্প————————→সালফার পাউডার

তাপ বৃদ্ধি — শীতলতা

———→তরল সালফার———→ছাচবদ্ধ কঠিন সালফার দণ্ড

রাসায়নিক বিশুদ্ধ সালফার (Chemically pure sulphur): বাণিজ্যিক কাজে এই রোল বা সালফার-দণ্ডই ব্যবহৃত হয়। রাসায়নিক প্রয়োজনে বিশুদ্ধ সালফার তৈরী করা হয় সালফারকে কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) তরলে দ্রবীভূত করিয়া। কার্বন ডাই-সালফাইড একটি অতি উদ্বায়ী পদার্থ। কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত সালফার দ্রবণ প্রথমে ফিলটার করিয়া পরিস্রুত করার পর ঐ পরিস্রুত দ্রবনকে বাষ্পায়িত করিয়া বিশুদ্ধ কঠিন সালফার অবশেষরূপে পাতন-পাত্রে সংগৃহীত করা হয়।

সালফারের ধর্ম (Properties of sulphur)

ভৌত ধর্ম : (i) কার্বন ও ফসফরাসের ন্যায় সালফারও একটি বহুরূপী (allotropic) মৌলিক পদার্থ। সালফারের দুইটি রূপভেদ (allotrope) ; যথা :

(ক) নিয়তাকার (crystalline) **রম্বিক সালফার ও মনোক্লিনিক সালফার** (rhombic and monoclinic) এবং (খ) তিনটি অনিয়তাকার (amorphous) রূপভেদ। যথা : **প্লাস্টিক সালফার** (plastic sulphur) **ও দুধ সালফার** বা **মিল্ক অব সালফার** (milk of sulphur) এবং (গ) **কলয়ডিয়** (colloidal) **সালফার**।

(i) রম্বিক সালফার সবচেয়ে স্থায়ী এবং দেখিতে অনেক সময় স্বচ্ছ কিন্তু সাধারণত রম্বিক সালফার দানাদার এবং হাল্‌কা হলুদ বর্ণের। মনোক্লিনিক সালফারও অনেক সময় স্বচ্ছ এবং হালকা হলুদ বর্ণের কিন্তু দেখিতে অনেকটা ঝালর বা বড় বড় মোটা সূঁচের মত। এই নিয়তাকার সালফার দুটি উভয়েই ভঙ্গুর। অনিয়তাকার সালফারের মধ্যে প্লাস্টিক সালফার রবারের মত নমনীয় ও সম্প্রসারণশীল। দুধ-সালফার দেখিতে সাদা পাউডারের মত।

সালফারের সব রূপভেদই দীর্ঘ সময় রাখিয়া দিলে হালকা হলুদ রঙের দানাদার রম্বিক সালফারে পরিণত হয় এবং যে কোন রূপভেদে পোড়াইলে সালফার ডাই-অক্সাইড যৌগ গঠিত হয়।

(ii) সালফারের সব রূপভেদ জলে অদ্রবণীয়। কিন্তু একটিমাত্র প্লাস্টিক সালফার ছাড়া সব রকম সালফারই কার্বন ডাই-অক্সাইড তরলে দ্রবণীয়। বেঞ্জিন ও তারপিন তেলেও সালফার দ্রবীভূত করা যায়।

সালফারের রূপভেদ (Allotropes sulphur)

1. **নিয়তাকার সালফার** (Crystalline sulphur)

(i) আলফা (α) সালফার	(ii) বিটা (β) সালফার
বা	বা
অষ্টপৃষ্ট সালফার	প্রিজম সালফার

2. **অনিয়তাকার সালফার** (Amorphous sulphur)

(i) প্লাস্টিক সালফার (ii) দুধ-সালফার (iii) কলয়ডিয় সালফার

3. **তরল সালফার** (Liquid sulpher)

(i) গামা (γ) সালফার (ii) মিউ (μ) সালফার

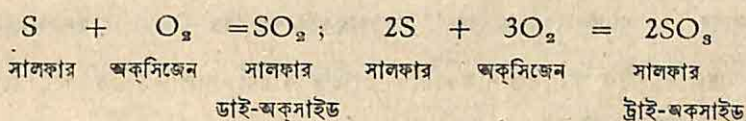
[সালফারের ক্ষেত্রে সিলেবাসের নির্দেশ—"Allotropic froms and the behaviour of sulphur on heating are not required" তাই সালফারের রূপভেদের বিস্তৃত আলোচনা করা হয় নাই।]

(iii) সালফার তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম।

(iv) তাপের প্রভাবে 113°C তাপাংকে সালফার গলিয়া যায়। তাপ বাড়াইলে তরল সালফার প্রথমে ঘন হইয়া পরে আবার সচল তরলে পরিণত হয় এবং 440°2 তাপাংকে ফুটিতে আরম্ভ করে।

রাসায়নিক ধর্ম : (i) **দহনশীলতা** (Combustibility) : তপ্ত সালফার বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে অগ্নিশিখায় জ্বলিয়া ওঠে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড ও অল্প পরিমাণে সালফার ট্রাই-অক্সাইড নামে দুই রকম অক্সাইড গঠন করে।

$$S + O_2 = SO_2 ; \quad 2S + 3O_2 = 2SO_3$$

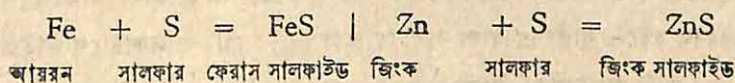
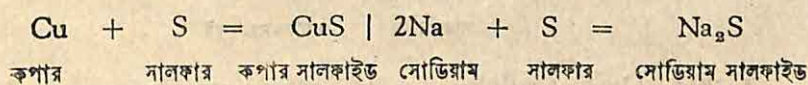
সালফার অক্সিজেন সালফার ডাই-অক্সাইড ; সালফার অক্সিজেন সালফার ট্রাই-অক্সাইড

(ii) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action of water) : জলের সঙ্গে সালফারের কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না।

(iii) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on metals) : তপ্ত সালফার সরাসরিভাবে কপার (Cu), সিলভার (Ag), আয়রণ (Fe), মার্কারী (Hg), জিংক (Zn) ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া সালফাইড (sulphide) নামের যৌগ গঠন করে। সালফার বাষ্পের মধ্যে তামার পাত ধরিলে তামার পাত প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া ওঠে ও কপার সালফাইড গঠন করে এবং সোডিয়ামও অগ্নিস্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া সোডিয়াম সালফাইড গঠন করে। যথা :

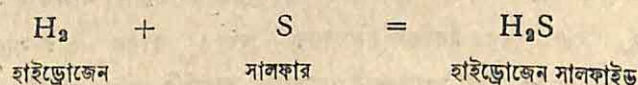
$$Cu + S = CuS \mid 2Na + S = Na_2S$$

কপার সালফার কপার সালফাইড ; সোডিয়াম সালফার সোডিয়াম সালফাইড

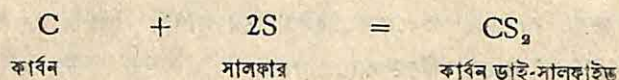
$$Fe + S = FeS \mid Zn + S = ZnS$$

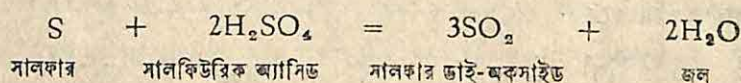
আয়রন সালফার ফেরাস সালফাইড ; জিংক সালফার জিংক সালফাইড

(iv) **হাইড্রোজেন সালফাইড** (Hydrogen sulphide) : ফুটন্ত সালফারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস চালইলে অল্প পরিমাণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস তৈরী হয়। যথা :

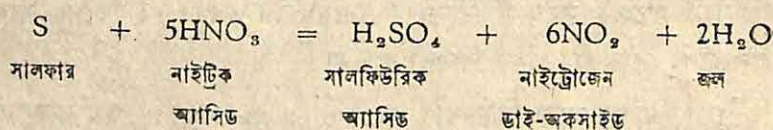
$$H_2 + S = H_2S$$

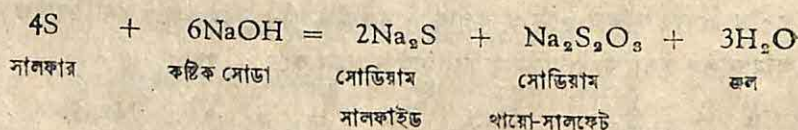
হাইড্রোজেন সালফার হাইড্রোজেন সালফাইড

(v) **কার্বন ডাই-সালফাইড** (Carbon di-sulphide) : লাল-তপ্ত

কার্বনের সঙ্গে সালফার উত্তপ্ত করিলে কার্বন ডাই-সালফাইড গ্যাস তৈরী হয় এবং ঠাণ্ডা হইলে এই গ্যাস একটি অতি দহনশীল তরলে পরিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{কার্বন}}{C} + \underset{\text{সালফার}}{2S} = \underset{\text{কার্বন ডাই-সালফাইড}}{CS_2}$$

(vi) **অ্যাসিডের জারণ বিক্রিয়া** (Action of acid on sulphur) : তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডরূপে জারিত করে। যথা :

$$\underset{\text{সালফার}}{S} + \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{2H_2SO_4} = \underset{\text{সালফার ডাই-অক্সাইড}}{3SO_2} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। যথা :

$$\underset{\text{সালফার}}{S} + \underset{\text{নাইট্রিক অ্যাসিড}}{5HNO_3} = \underset{\text{সালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_4} + \underset{\text{নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড}}{6NO_2} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

(vii) **ক্ষারের বিক্রিয়া** (Action of alkali) : সালফার ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফাইড এবং থায়ো-সালফেট নামের লবণে পরিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{সালফার}}{4S} + \underset{\text{কষ্টিক সোডা}}{6NaOH} = \underset{\text{সোডিয়াম সালফাইড}}{2Na_2S} + \underset{\text{সোডিয়াম থায়ো-সালফেট}}{Na_2S_2O_3} + \underset{\text{জল}}{3H_2O}$$

ব্যবহার (Uses of sulphur) : (i) ধূমরূপে এবং জীবাণুনাশকরূপে প্রাচীনকাল হইতে সালফার বাষ্প ব্যবহার করা হয়। (ii) সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, সালফাইট লবণ এবং কার্বন ডাই-সালফাইড প্রস্তুতির জন্য সালফার ব্যবহার করা হয়। (iii) বন্দুকের বারুদ ও দিয়াশলাই তৈরী করার জন্য ; (iv) ঔষধ তৈরী ও স্বাস্থ্যরক্ষার জন্যও সালফার ব্যবহার করা হয়, এবং (v) বিভিন্ন বিকারক, যথা : কার্বন ডাই-সালফাইড ফসফরাস সালফাইড, সোডিয়াম থাইওসালফেট ইত্যাদি যৌগ প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সালফারের প্রধান যৌগসমূহ

সালফার অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুইটি প্রধান অক্সাইড গঠন করে। যথা :

1. অক্সাইড : (i) সালফার ডাই-অক্সাইড—SO_2 ; (ii) সালফার ট্রাই-অক্সাইড—SO_3

2. অ্যাসিড : এই অক্সাইড দুইটি অ্যাসিডধর্মী এবং জলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুইটি অ্যাসিড গঠন করে। যথা : (i) সালফিউরাস অ্যাসিড—$SO_2+H_2O=H_2SO_3$ এবং (ii) সালফিউরিক অ্যাসিড—$SO_3+H_2O=H_2SO_4$

3. হাইড্রাইড : হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিশিয়া সালফার হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S) গঠন করে।

4. সালফাইড : ধাতুর সালফাইড, যথা : FeS, CuS, PbS ইত্যাদি।

5. সালফেট : ধাতুর সালফেট, যথা : Na_2SO_4, $CaSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$ ইত্যাদি।

6. সালফাইট : ধাতুর সালফাইট ; যথা : Na_2SO_3, $CaSO_3$ ইত্যাদি।

প্রশ্ন

1. সালফারের প্রাকৃতিক উৎস উল্লেখ কর। ফ্রাশ পদ্ধতিতে সালফার কি প্রকারে নিষ্কাশন করা হয় ?

2. সালফার কি প্রকারে বিশোধন করা হয় ? সালফারের ব্যবহার কি কি ?

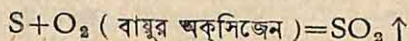
সালফার ডাই-অক্সাইড

পরিচয় : সালফার পোড়াইলে যে ধোঁয়া হয় সেই ধোঁয়া দ্বারা রোগীর ঘর বিশুদ্ধ করা এবং সূতি-বস্ত্র রঞ্জিত করার উপায় প্রাচীনকালেও জানা ছিল। কিন্তু বায়ুতে সালফার পোড়াইলে যে গ্যাসটি তৈরী হয় সেই গ্যাসটি আলাদাভাবে তৈরী ও সংগ্রহ করিতে সর্বপ্রথমে সক্ষম হন বিজ্ঞানী প্রিষ্টলী। তিনি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে পারদ তথা মার্কারী উত্তপ্ত করিয়া সর্বপ্রথম সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী করেন। কিন্তু গ্যাসটি যে সালফারের অক্সাইড সে কথাটি প্রথমে প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার।

প্রাকৃতিক প্রাপ্তি : আগ্নেয়গিরির বাষ্পে মুক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। কোন কোন খনিজ জলে এবং সালফারবাহী কয়লা পোড়াইবার ফলে শহরাঞ্চলের বায়ুমণ্ডলেও সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

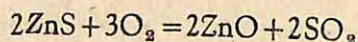
সালফার ডাই-অক্সাইড ফর্মুলা-SO_2 এবং আণবিক ওজন—64.

সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

1. **বৃহদায়তন প্রস্তুতি : জারণ পদ্ধায়** (Large scale production by oxidation process) : (i) সালফার সরাসরি বায়ুতে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়। যথা :

$$S+O_2 \text{ (বায়ুর অক্সিজেন)} = SO_2\uparrow$$

(ii) বায়ুতে লোহার সালফাইড তথা আয়রন পিরাইটিস (FeS_2) বা জিংক সালফাইড (ZnS) পোড়াইয়াও সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায় :—

FeS_2+O_2 (বায়ুর অক্সিজেন) $\longrightarrow SO_2\uparrow+Fe_2O_3$ (আয়রনের অক্সাইড)। $[4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2]$

$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$$

(ii) জিপসাম, ক্লে-মাটি, বালি ও কোকের সঙ্গে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা যায়। ইহার সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। ইহা সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

বাণিজ্যিক প্রয়োজনে **বৃহদায়তনে** সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয় উপরে বর্ণিত পন্থায়। কিন্তু এরূপভাবে তৈরী সালফার ডাই-অক্সাইডে বায়ুর নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। সালফার ডাই-অক্সাইডের বৃহদায়তন ব্যবহারে তাহাতে কোন ক্ষতি হয় না।

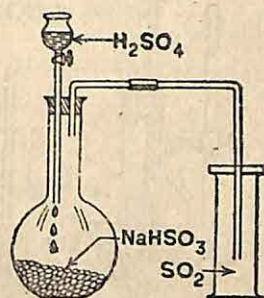
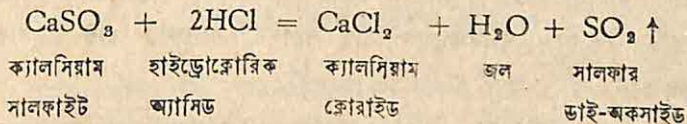
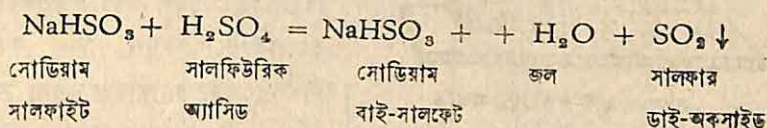
2. **সাধারণ প্রস্তুতি : সালফাইট হইতে** (From sulphite) : **সালফাইট** বা **বাই-সালফাইট** লবণের সঙ্গে স্বাভাবিক তাপাংকে ঘন সালফিউরিক বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। যথা :

Na-বাই-সালফাইট হইতে SO_2 প্রস্তুতি

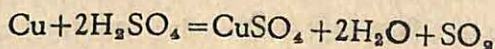
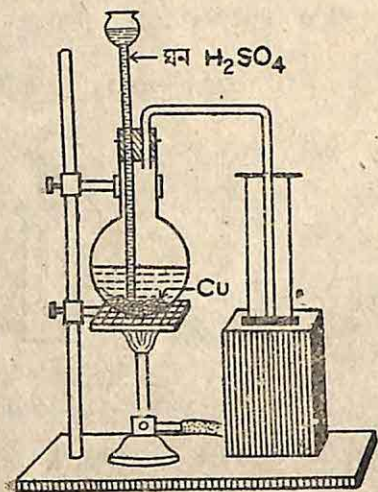
$$NaHSO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_3 + + H_2O + SO_2 \downarrow$$

সোডিয়াম সালফাইট | সালফিউরিক অ্যাসিড | সোডিয়াম বাই-সালফেট | জল | সালফার ডাই-অক্সাইড

$$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2 \uparrow$$

ক্যালসিয়াম সালফাইট | হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড | ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড | জল | সালফার ডাই-অক্সাইড

পরীক্ষা (Expt) : একটি বিন্দুপানী ফানেল ও নির্গম-নল ফিট করা ফ্লাস্কে সোডিয়াম সালফাইট লবণ লও। বিন্দুপাতী ফানেল হইতে ধীরে ধীরে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ঢাল। ফ্লাস্কে অ্যাসিড ও বাই-সালফাইটের বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) উৎপন্ন হইবে। এই গ্যাস বায়ুর চেয়ে ভারী। তাই ঊর্ধ্বমুখী বায়ু সরাইয়া গ্যাসজারে ইহা সংগ্রহ করা হয়।

3. **রসায়নাগারের পদ্ধতি** (Laboratory process) : **সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে** (from sulphuric acid) : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে কপার (Cu) তপ্ত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) তৈরী করা যায়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

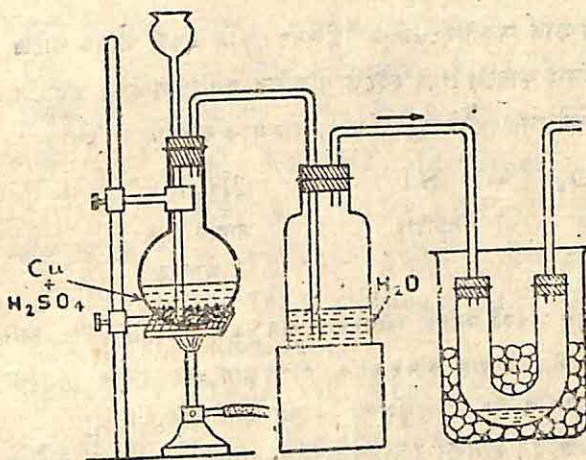
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

প্রস্তুতি ঃ একটি কাচের ফ্লাস্কে কিছু তামার চোকলা লও এবং ছিপির মাধ্যমে ফ্লাস্কের মুখে একটি দীর্ঘনল ফানেল এবং নির্গম-নল ফিট কর। লক্ষ্য রাখ যে ফানেলের নলটি যেন ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। ধারক ও তার-জালের সাহায্যে ফ্লাস্কটি ত্রিপদের উপর বসাও। নির্গম-নলের মুখটি একটি খাড়া গ্যাস জারের মধ্যে স্থাপন কর। এইভাবে পরীক্ষা-যন্ত্র সাজাইয়া ফানেলে ধীরে ধীরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (conc. H_2SO_4) ঢাল এবং ফ্লাস্কটিকে বুনসেন দীপে উত্তপ্ত কর। গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করার সঙ্গে সঙ্গে দীপ সরাইয়া লও। সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ুর চেয়ে দ্বিগুণ ভারী, তাই উর্ধ্বমুখে গ্যাসজারের বায়ু সরাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড সংগ্রহ কর।

সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

বিশোধন (Purification) ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন গ্যাস। কিন্তু ইহার সঙ্গে কিছুটা সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যস তৈরী হয় বলিয়া গ্যাসটি জারের মধ্যে ধোঁয়াটে দেখায়। উৎপন্ন গ্যাস প্রথমে জলে ও পরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে প্রবাহিত করাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ করা যায়।

শুষ্ক (Dry) সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করার প্রয়োজন হইলে গ্যাসটি ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড-ভরা একটি বোতলের ভিতর দিয়া চালাইয়া বিধৌত করিয়া লইতে হয়।

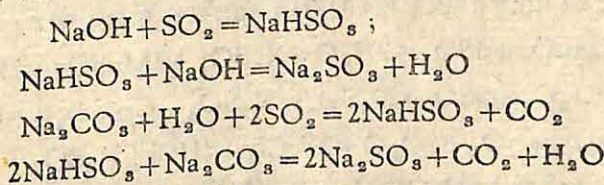
সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম ঃ (i) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। (ii) ইহার মধ্যে দম-বন্ধ-করা পোড়া সালফারের গন্ধ পাওয়া যায়। ইহা বিষাক্ত। (iii) ইহা বায়ুর চেয়ে দ্বিগুণ বেশি ভারী। (iv) বরফ-লবণ তথা হিম-মিশ্রণে

(freezing mixture) ঠাণ্ডা করিয়া অথবা চাপের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সহজেই বর্ণহীন স্বচ্ছ তরলে পরিণত করা হয়। এই তরল —10°C তাপে ফুটিতে আরম্ভ করে।

তরল সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি

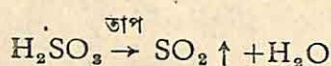
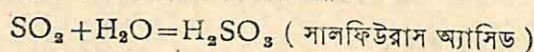
রাসায়নিক ধর্ম ঃ দহনশীলতা বা দাহক গুণ (combustibility) ঃ সাধারণত সালফারডাই-অক্সাইড আগুনের সংস্পর্শে জ্বলে না বা অন্য পদার্থকেও জলিতে সাহায্য করে না। অর্থাৎ, ইহা দাহক বা দহনশীল পদার্থ নয়।

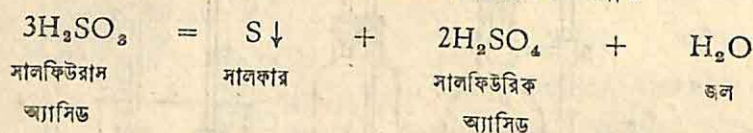
(ii) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ইহা অ্যাসিডিক অক্সাইড বলিয়া ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাই-সালফাইট ও সালফাইট গঠন করে। যথা ঃ

$$NaOH + SO_2 = NaHSO_3 ;$$
$$NaHSO_3 + NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + H_2O + 2SO_2 = 2NaHSO_3 + CO_2$$
$$2NaHSO_3 + Na_2CO_3 = 2Na_2SO_3 + CO_2 + H_2O$$

(iii) **অ্যাসিডিক অক্সাইড** (Acidic oxide) ঃ জলের সঙ্গে ইহা একটি অস্থায়ী ও মৃদু অ্যাসিড গঠন করে। তাই ইহা জলে দ্রবণীয়। অ্যামোনিয়ার দ্রবণীয়তার ন্যায় ঝরনা পরীক্ষা সম্পন্ন করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইডের দ্রবণীয়তা প্রমাণ করা যায়। এই গ্যাসের জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে

নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়। গ্যাসের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে এই গ্যাস (SO_2) নির্গত হইয়া যায়। বিক্রিয়া :

$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

$H_2SO_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} SO_2 \uparrow + H_2O$

সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ কোন একটি আবদ্ধ পাত্রে 150°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে সালফার বর্তমান। যথা :

$3H_2SO_3$	=	$S \downarrow$	+	$2H_2SO_4$	+	H_2O
সালফিউরাস অ্যাসিড		সালফার		সালফিউরিক অ্যাসিড		জল

পরীক্ষা : একটি জলভরা পরীক্ষা নলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালাও। পরে ঐ জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ ডুবাও, কাগজ লাল হইয়া যাইবে। দ্রবণটি কিছুক্ষণ ফুটাইয়া আবার নীল লিটমাস কাগজ ডুবাও। কাগজ নীলই থাকিবে।

(ii) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) : সালফার ডাই-অক্সাইড একটি প্রবল **বিজারক** (reducing agent) পদার্থ। বেগুনী রঙের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণ এই গ্যাসের বিজারণ ক্রিয়ায় বর্ণহীন হইয়া যায়। সালফার ডাই-অক্সাইড কমলা রঙের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণকে সবুজ বর্ণে এবং হলুদ রঙের ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) দ্রবণকে ফেরাস ক্লোরাইড ($FeCl_2$) দ্রবণে বিজারিত করিয়া দেয়। ক্লোরিন জল ইহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করে এবং ইহার ফলে ক্লোরিন জল হরিদ্রাভ বর্ণ হইতে বর্ণহীন হইয়া যায়। ইহা হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে।

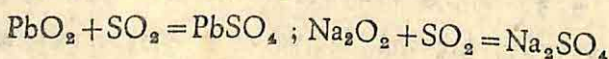
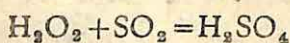
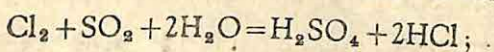
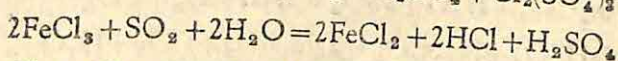
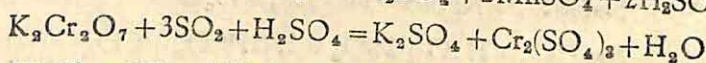
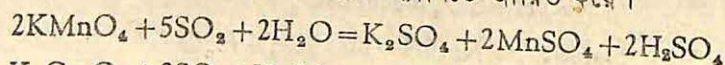
$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$

$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$

$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$

$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$;

$H_2O_2 + SO_2 = H_2SO_4$

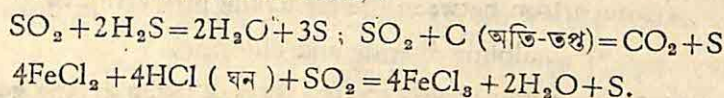
$PbO_2 + SO_2 = PbSO_4$; $Na_2O_2 + SO_2 = Na_2SO_4$

পরীক্ষা : তিনটি পরীক্ষা-নলে পটাসিয়াম প্যারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও

ফেরিক ক্লোরাইড লও এবং উহার মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড চালাও। দেখিবে প্রতিটি দ্রবণের বর্ণান্তর ঘটিবে।

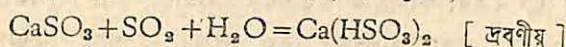
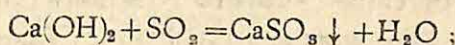
(iv) **জারণ ও বিজারণ ক্ষমতা** (Oxidising and reducing capacity): সালফার ডাই-অক্সাইডের যেমন বিজারণ ক্ষমতা আছে তেমনি জারণ ক্ষমতাও আছে। একই সঙ্গে জারণ ও বিজারণ ক্ষমতার অধিকারী হওয়ার কারণ—(ক) একদিকে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) অন্য পদার্থের অক্সিজেন গ্রাস করিয়া সাফার ট্রাই-অক্সাইডে (SO_3) পরিণত হইতে পারে। এরূপ ক্ষেত্রে ইহা (SO_2) **বিজারণ-ধর্মী** (reducing agent)। (খ) আবার অন্যদিকে ইহা (SO_2) নিজের অক্সিজেন অন্য পদার্থকে দান করিয়া নিজে সালফার (S) মৌলে পরিণত হইতে পারে। এরূপক্ষেত্রে ইহা (SO_2) **জারণ-ধর্মী** (oxidising agent)।

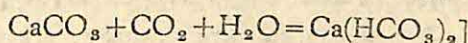
(v) জারণ বিক্রিয়া (Oxidation):

$SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S$; $SO_2 + C$ (অতি-তপ্ত) $= CO_2 + S$

$4FeCl_2 + 4HCl$ (ঘন) $+ SO_2 = 4FeCl_3 + 2H_2O + S$.

(vi) **চুন-জলের বিক্রিয়া**: কার্বন ডাই-অক্সাইডের মত ইহাও চুন জলকে প্রথমে ঘোলা করে। যথা:

$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 \downarrow + H_2O \;;$$

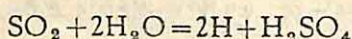
$$CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$$ [দ্রবণীয়]

$CaSO_3$ গঠনের জন্য ঘোলা হয় কিন্তু অতিরিক্ত গ্যাস সংযোগে $Ca(HSO_3)_2$ গঠনে দ্রবণ স্বচ্ছ হইয়া যায়। ইহা CO_2-এর বিক্রিয়ার সঙ্গে তুলনীয়। [$Ca(OH)_2 + CO_2 = CO_2 + CaCO_3 \downarrow$

$CaCO_3 + CO_2 + H_2O = Ca(HCO_3)_2$]

বিরঞ্জন বা ব্লিচিং ক্ষমতা

(Bleaching property)

সালফার ডাই-অক্সাইড জৈব রঙকে বিরঞ্জিত করিয়া বর্ণহীন করিতে পারে। উল, সিল্ক, স্পঞ্জ, খড় ইত্যাদি বিরঞ্জিত করার জন্য, সূতি ও কাগজ শিল্পে সালফার ডাই-অক্সাইডকে বিরঞ্জক বা ব্লিচিং এজেন্ট (bleaching agent)-রূপে ব্যবহার করা হয়। সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থকে বায়ুর সংস্পর্শে আনিলে অনেক ক্ষেত্রে আবার পূর্বের বর্ণ ফিরিয়া

পাওয়া যায়। সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন ক্রিয়ার জন্য সব সময়ে জলের সান্নিধ্য প্রয়োজন। সালফার ডাই-অক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় যে **সদ্যোজাত বা জায়মান হাইড্রোজেন** (nascent hydrogen) **উৎপন্ন হয় সেই হাইড্রোজেনের বিজারণের জন্য** (reduction reaction) **ইহার বিরঞ্জন ক্রিয়া সম্ভব হয়।** যথা :

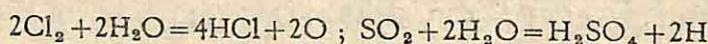
$$SO_2+2H_2O=2H+H_2SO_4$$

পরীক্ষা : একটি সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসপূর্ণ জারে কয়েকটি শুষ্ক রঙিন ফুল রাখ। ফুলের রঙ অপরিবর্তিত থাকিবে।

কয়েকটি জলে-ভিজা ফুল লও এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসপূর্ণ গ্যাস-জারের মধ্যে রাখ। দেখিবে, কিছুক্ষণের মধ্যে ফুলের রঙ ফিকা হইয়া যাইবে।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনা
(Comparison between the bleaching properties of sulphur dioxide and chlorine)

(i) ক্লোরিন ও সালফার ডাই-অক্সাইড উভয়েরই বিরঞ্জন বা ব্লিচিং ক্ষমতা আছে এবং উভয়েরই বিরঞ্জন ক্রিয়ার জন্য জলের সংস্পর্শ প্রয়োজন।

(ii) জলের সংস্পর্শে ক্লোরিন **সদ্যোজাত বা জায়মান** (nascent) **অক্সিজেন** (O) তৈরী করিয়া **জারণ ধর্মে** (oxidation) **বিরঞ্জন** সম্ভব করে। পক্ষান্তরে সালফার ডাই-অক্সাইড জলের সংস্পর্শে **সদ্যোজাত বা জায়মান হাইড্রোজেন** (H) উৎপন্ন করিয়া **বিজারণ ধর্মে** (reduction) **বিরঞ্জন** সম্ভব করে। যথা :

$$2Cl_2+2H_2O=4HCl+2O \; ; \; SO_2+2H_2O=H_2SO_4+2H$$

(iii) ক্লোরিন স্থায়ীভাবে বিরঞ্জিত করে ; সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন সব সময় স্থায়ী হয় না। বায়ুর সংস্পর্শে ইহা (SO_2) দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থ অনেক ক্ষেত্রে পূর্বের বর্ণ ফিরিয়া পায়।

(iv) ক্লোরিনের চেয়ে ইহা (SO_2) মৃদু বিরঞ্জক। তাই উল, সিল্ক, স্পঞ্জ, খড় ইত্যাদি বিরঞ্জিত করার জন্য ইহা (SO_2) ব্যবহার করা হয়।

সনাক্তকরণ (Identification of sulphur dioxide) : (i) সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে পোড়া গন্ধকের গন্ধ পাওয়া যায়। (ii) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে কাচের শলা ডুবাইয়া তাহা সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) গ্যাসভরা জারের মধ্যে ঢুকাও। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট

বর্ণহীন হইয়া যাইবে। (iii) হলুদ বর্ণের অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে একটি ব্লটিং পেপার সিক্ত করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড-পূর্ণ জারের মধ্যে ফেলিয়া দাও। ব্লটিং পেপারের হলুদবর্ণ সবুজ বর্ণে রূপান্তরিত হইবে।

শোষক (Absorbent) : সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস কষ্টিক সোডা (NaOH), কষ্টিক পটাস (KOH) ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$] দ্রবণে শোষিত হইতে পারে।

ব্যবহার (Uses) : (i) উল, সিল্ক ও কাগজ শিল্পে সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জকরূপে ব্যবহার করা হয়। (ii) ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট লবণ [$Ca(HSO_3)_2$] তৈরী করা হয়। এই লবণ প্রচুর পরিমাণে কাগজ শিল্পে ব্যবহৃত হয়। (iii) সালফার ডাই-অক্সাইড জীবাণু নাশক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (iv) সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফাইট তৈরী করার জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রয়োজন হয়। (v) ক্লোরিন-বিরঞ্জন শিল্পে উদ্বৃত্ত ক্লোরিন অপসারণের জন্যও ইহা (SO_2) ব্যবহার করা হয়। (vi) রোগীর ঘর বা হাসপাতাল এবং জাহাজ জীবাণু-মুক্ত করার জন্য, এবং (vii) তরল গ্যাস দ্রাবকরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরিয়াস অ্যাসিড ও সালফাইট যৌগ

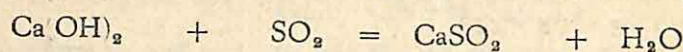
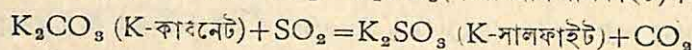
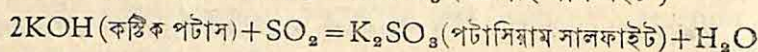
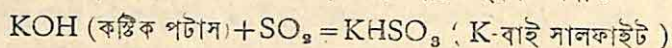
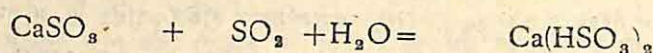
সালফার ডাই-অক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডের ন্যায় জলে দ্রবীভূত হয় এবং কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) ন্যায় সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) গঠন করে। যথা: $CO_2+H_2O=H_2CO_3$. ঐরূপ $SO_2+H_2O=H_2SO_3$; কার্বনিক অ্যাসিডের ন্যায় সালফিউরিয়াস অ্যাসিডও শুধু জলীয় দ্রবণ রূপে পাওয়া যায়। উভয় অ্যাসিডই (H_2CO_3 ও H_2SO_3) মৃদু ও অস্থায়ী এবং ইহাদের জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করা হইলে উভয় অ্যাসিড হইতে এই গ্যাস দুইটি (CO_2 ও SO_2) নির্গত হইয়া যায়।

কার্বনিক অ্যাসিডের কার্বনেট (Na_2CO_3) ও বাই-কার্বনেট ($NaHCO_3$) লবণের ন্যায় সালফিউরিয়াস অ্যাসিড ও সালফাইট (Na_2SO_3) ও বাই-সালফাইট লবণ ($NaHSO_3$) গঠন করে।

প্রস্তুতি : সালফার ডাই-অক্সাইড ও অ্যালকালী তথা ক্ষার অথবা সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সালফাইট ও বাই-সালফাইট লবণ গঠিত হয়। যথা :

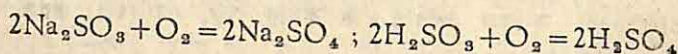
KOH (কষ্টিক পটাস) $+ SO_2 = KHSO_3$ (K-বাই সালফাইট)

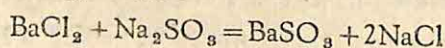
$2KOH$ (কষ্টিক পটাস) $+ SO_2 = K_2SO_3$ (পটাসিয়াম সালফাইট) $+ H_2O$

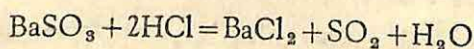
K_2CO_3 (K-কার্বনেট) $+ SO_2 = K_2SO_3$ (K-সালফাইট) $+ CO_2$

$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O$
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ক্যালসিয়াম সালফাইট

$CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$
ক্যালসিয়াম সালফাইট ক্যালসিয়াম বাই-সালফাইট

সোডিয়াম ও পটাসিয়ামের ন্যায় ক্ষারীয় ধাতুর সালফাইট ব্যতীত অন্যান্য সকল ধাতুর সালফাইট জলে অদ্রবণীয়।

সালফাইট ও বাই-সালফাইট লবণ এবং সালফিউরিয়াস অ্যাসিড বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে ধীরে ধীরে সালফেট যৌগ ও সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। যথা :

$2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$; $2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$

সনাক্তকরণ (Test) : (i) যে-কোন সালফাইট লবণের মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) ঢালিলে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) গ্যাস নির্গত হয় এবং এই গ্যাস অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট বা ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ বর্ণান্তরিত করিয়া দেয়। (ii) সোডিয়াম সালফাইটের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$) মিশ্রিত করিলে বেরিয়াম সালফাইট ($BaSO_3$) অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

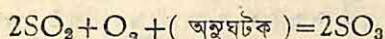
$$BaCl_2 + Na_2SO_3 = BaSO_3 + 2NaCl$$

এই বেরিয়াম সালফাইট লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে (dil. HCl) দ্রবণীয়।

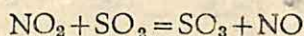
$$BaSO_3 + 2HCl = BaCl_2 + SO_2 + H_2O$$

ব্যবহার : বিরঞ্জন কার্যে অতিরিক্ত ক্লোরিন বিনষ্ট করার জন্য ; জীবাণু নাশকরূপে (antiseptic) ও কাগজ শিল্পে সালফাইট ব্যবহার করা হয়।

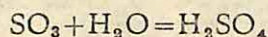
সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3)

সালফারকে বায়ুর সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলেই সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) তৈরী হয়। কিন্তু এইভাবে বায়ুর সংস্পর্শে সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) তৈরী করা সম্ভব নয়। সালফার ডাই-অক্সাইডের (SO_2) সঙ্গে অক্সিজেন (O_2) যুক্ত করা সম্ভব হইলেই সালফার ট্রাই-অক্সাইড SO_3) তৈরী করা যায়। **এরূপ মিলন সাধারণভাবে ঘটান সম্ভব নয়; এজন্য অনুঘটকের প্রয়োজন।**

(i) সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহিত অক্সিজেন গ্যাস মিশাইয়া সেই মিশ্রণ 450°C-এ উত্তপ্ত প্লাটিনাইজড্ অ্যাসবেস্‌টস্ অনুঘটকের মধ্য দিয়া চালাইলে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। উৎপন্ন গ্যাস বরফ ও লবণ দ্বারা আবৃত U-টিউবের মধ্য দিয়া চালিত করিলে টিউবের মধ্যে বর্ণহীন সালফার ট্রাই-অক্সাইডের কেলাস পাওয়া যায়।

$$2SO_2 + O_2 + (\text{অনুঘটক}) = 2SO_3$$

(ii) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) অক্সিজেন বাহক (carrier) রূপে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করে। যথাঃ

$$NO_2 + SO_2 = SO_3 + NO$$

ধর্ম ঃ সালফার ট্রাই-অক্সাইড একটি সাদা চকচকে পদার্থ। এই ট্রাই-অক্সাইডটি তীব্র অ্যাসিড-ধর্মী। জলের সংস্পর্শে ইহা (SO_3) হিস্ হিস্ শব্দে প্রবল বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড গঠন করে। যথা ঃ

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

প্রশ্ন

1. রসায়নাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড কি প্রকারে প্রস্তুত করিবে? ইহার ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্ম বিবৃত কর এবং ইহার বিরঞ্জন ক্রিয়ার ব্যাখ্যা কর। [H. S. Exam. 1960 ; '61 (Comp)]

2. সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের চারিটি রাসায়নিক ধর্মের উদাহরণসহ সংক্ষেপে বিবরণ দাও। ইহা কি প্রকারে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত হয়। [H. S. Exam. (Comp.) 1961]

3. যাহাদের বিরঞ্জন ধর্ম বর্তমান, এইরূপ দুইটি গ্যাসের নাম কর এবং ফর্মুলা দাও। উহাদের বিরঞ্জন ক্রিয়ার প্রকৃত বিবরণ দাও। রসায়নাগারে এই গ্যাস দুইটি কি প্রকারে প্রস্তুত এবং সংগ্রহ করা হয় উহার বর্ণনা কর এবং জারণ অথবা বিজারণ ক্রিয়া যাহাই হউক উহার দুইটি উদাহরণ দাও।

[H. S. Exam. 1962]

4. রসায়নাগারে সালফার ডাই-অক্সাইডের শুষ্ক গ্যাস কি প্রকারে তৈরী এবং সংগ্রহ করা হয় ?

(*a*) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জলীয় দ্রবণ, (*b*) ক্লোরিন জল, এবং (*c*) চুন জল, ইত্যাদির সহিত সালফার ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় কি ঘটে উহার বিবরণ দাও।

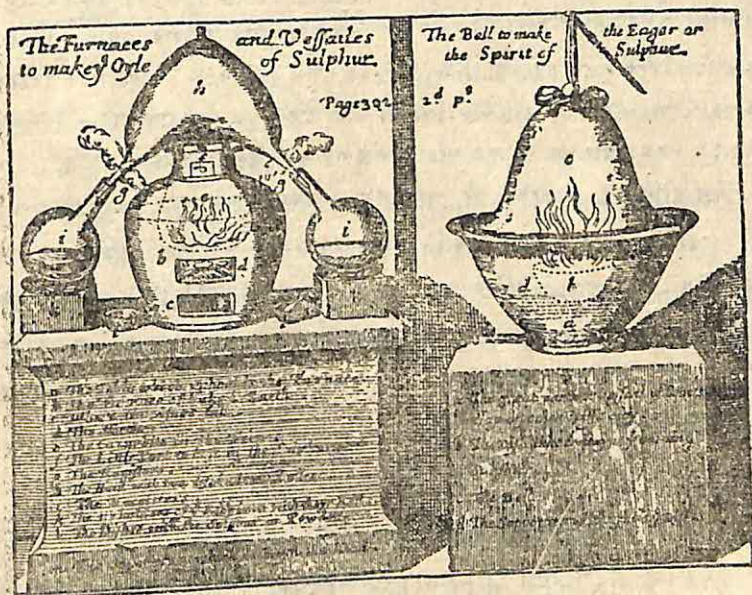
(কি সুস্পষ্ট পরিবর্তন হয় তাহা বিবৃত কর এবং বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।)

[H. S. Exam. 1964]

5. সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির বিবরণ দাও। ইহার বৃহদায়তনে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত হওয়ার শর্ত বিবৃত কর। ক্লোরিন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের বিরঞ্জন ক্রিয়ার তুলনা দ্বারা পার্থক্য দেখাও। [H. S. Exam. 1966 (Com.)]

সালফিউরিক অ্যাসিড

পরিচয় ঃ সালফিউরিক অ্যাসিড এ যুগের শিল্প-প্রগতির মাপকাঠি। যে দেশ শিল্পে যত উন্নত সে দেশে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী হয় তত বেশি। প্রধান প্রধান শিল্পের মধ্যে কম শিল্পই আছে যাহাতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা না হয়। শিল্প-জগতে সালফিউরিক অ্যাসিড তাই সবচেয়ে প্রয়োজনীয় রাসায়নিক।

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রথমে আবিষ্কার করেন মধ্যযুগের অ্যালকেমিস্টরা। আরব রসায়নী জবির ইবন হাইয়ানের লেখায় হিরাকস ($FeSO_4$) ও ফটকিরি (alum) একসঙ্গে পাতিত

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির প্রাচীন যন্ত্রপাতি (1666)

করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির উল্লেখ দেখা যায়। বেসিল ভ্যালেনটিন নামে এক রসায়নী হিরাকস বা সবুজ ভিট্রিয়ল তথা ফেরাস সালফেট পাতিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করেন। সেই সময়ে সালফিউরিক অ্যাসিডের নাম ছিল 'ভিট্রিয়লের তেল' (oil of vitiriol)।

1666 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী লেমারী (Lamery) আধুনিক উৎপাদন পন্থার সূত্রপাত করেন। একটি আবদ্ধ কাচের পাত্রের মধ্যে জল রাখিয়া তাহার উপরে গন্ধক (S) ও সোরা (KNO_3) জ্বালাইয়া তিনি সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করেন। প্রায় দেড়শ' বছরের গবেষণার ফলে এখন কাচের পাত্রের বদলে সীসার কক্ষ বা চেম্বার এবং নাইটার তথা সোরার বদলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড এবং জলের বদলে জলীয় বাষ্প ও বায়ু ব্যবহার করিয়া আধুনিক 'লেড-চেম্বার' (lead chamber) পদ্ধতির উদ্ভাবন করা সম্ভব হয়। এই উন্নত পন্থায় সালফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেনের অক্সাইড মিশাইবার জন্য বিজ্ঞানী গ্লোভার (Glover) একটি প্ল্যাণ্ট এবং একই নাইট্রোজেনের অক্সাইড বারবার কাজে লাগাইবার উদ্দেশ্যে বিজ্ঞানী গে-লুসাক (Gay Lussac) আরেকটি প্ল্যাণ্ট তৈরী করেন। এই প্ল্যাণ্ট দুইটিকে বলা হয় 'গ্লোভার টাওয়ার' (Glover tower) এবং 'গে-লুসাক্ টাওয়ার' (Gay Lussac tower)। লেড চেম্বার পদ্ধতির সঙ্গে বর্তমানে অন্য পন্থাও আবিষ্কৃত হইয়াছে।

বিজ্ঞানী গ্লোভার

শিল্প-বাণিজ্যের মহলে এই অ্যাসিড এখনও **অয়েল অব ভিট্রিয়ল** (oil of vitriol) নামেই পরিচিত। সালফারজাত অ্যাসিড বলিয়া ইহার রাসায়নিক নাম সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ফর্মুলা—H_2SO_4 কারণ, এই অ্যাসিডের মধ্যে অ্যাসিড মূলকের অংশ $-SO_4$ এবং ইহার যোজন ক্ষমতা—দুই। তাই অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাও দুই (H_2); ইহার (H_2SO_4) আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + 32 + 4 \times 16 = 98$.

প্রস্তুতির মূল রাসায়নিক নীতি

(Chemical principle of perparation)

সালফিউরিক অ্যাসিডের ধাতব সালফেট লবণ হইতে অন্যান্য অজৈব অ্যাসিডের ন্যায় ইহা অন্যান্য অজৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন করা যায় না,—কারণ, (i) সালফিউরিক অ্যাসিডের উদ্বায়িতা হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কম, (ii) ইহা অপেক্ষাকৃত তীব্রতর অ্যাসিড। সাধারণভাবে সালফিউরিক অ্যাসিডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ

বলা যায়। সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী হয়। যথা: $SO_3+H_2O=H_2SO_4$; কিন্তু মূল সমস্যা সালফার ডাই-অক্সাইড হইতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করার জারণ পদ্ধতি।

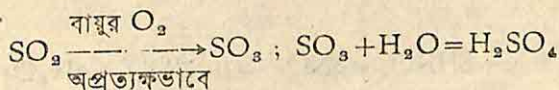
সালফার বা ধাতব সালফাইড যৌগ পোড়াইয়া সহজেই সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) তৈরী করা যায় কিন্তু সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) সহজে তৈরী করা যায় না। সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) হইতে ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) দুইভাবে তৈরী করা যায়। (i) বায়ু ও নাইট্রিক অক্সাইডের সাহায্যে অথবা (ii) অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুর সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইডকে ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করিয়া।

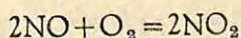
রসায়নাগারের প্রস্তুতি (Laboratory process)

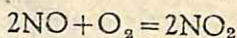
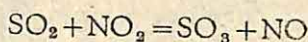
রাসায়নিক উপাদান (Chemicals required): রসায়নাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করার জন্য প্রয়োজন—(i) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), (ii) নাইট্রিক অক্সাইড (NO), (iii) স্টীম (H_2O) এবং (iv) বায়ুর অক্সিজেন (O_2)।

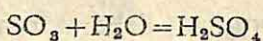
প্রস্তুতির রাসায়নিক নীতি (Principles of preparation):

(i) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) অপ্রত্যক্ষভাবে বায়ুর অক্সিজেনের সাহায্যে প্রথমে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে (SO_3) পরিণত হয়। এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) তৈরী করে। যথা:

$$SO_2 \xrightarrow[\text{অপ্রত্যক্ষভাবে}]{\text{বায়ুর } O_2} SO_3 \; ; \; SO_3+H_2O=H_2SO_4$$

(ii) বায়ুর অক্সিজেন সরাসরি ভাবে সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করিতে পারে না। সালফার ডাই-অক্সাইডে বায়ুর অক্সিজেন সরবরাহের কাজ করে নাইট্রিক অক্সাইড (NO)। এইজন্য নাইট্রিক অক্সাইডকে অক্সিজেন-বাহক (oxygen carrier) বলা হয়। নাইট্রিক অক্সাইড (NO) বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া প্রথমে নিজে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) পরিণত হয়। যথা:

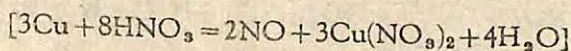
$$2NO+O_2=2NO_2$$

(iii) এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইডকে অক্সিজেন সরবরাহ করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত করে এবং নিজে আবার নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত সালফার ডাই-অক্সাইড সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত 'নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড—নাইট্রিক অক্সাইড বিক্রিয়া চক্র' চলিতে থাকে। যথা:

$$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

(iv) এই সদ্যোজাত সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) জলীয় বাষ্পের ($H_2O\uparrow$) সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করে। যথা:

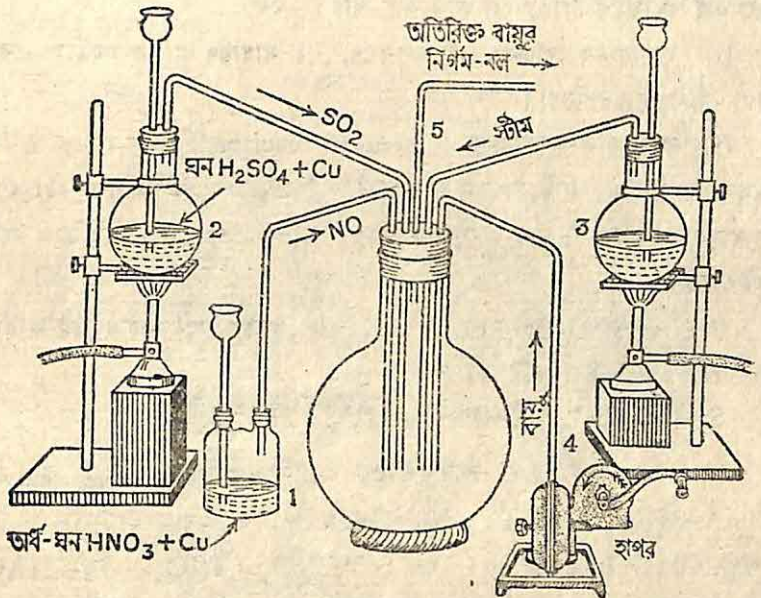
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

এই সালফিউরিক অ্যাসিড তরলাকারে বিক্রিয়া ফ্লাস্কের মধ্যে সঞ্চিত হয়।

প্রস্তুতি: একটি 2000 c.c. ফ্লাস্কের মুখে বড় রবারের ছিপির মাধ্যমে চারিটি আগম-নল এবং একটি নির্গম-নল ফিট করা হয়। আগম-নল কয়টি বিক্রিয়া ফ্লাস্কের তলা পর্যন্ত প্রলম্বিত থাকে এবং নির্গম-নলটি প্রবিষ্ট থাকে ফ্লাস্কের গলা পর্যন্ত।

এই চারিটি আগম-নলের (i) একটি ফিট-করা হয় নাইট্রিক অক্সাইড (NO) তৈরী করার জন্য উল্ফ্ বোতলে (1)। এই উল্ফ্ বোতলের তলায় রক্ষিত তামার কুচির (Cu) উপরে অর্ধ-ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে (HNO_3) দীর্ঘ-নলের মাধ্যমে ঢালিয়া স্বাভাবিক তাপাংকে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী করা হয়।

$$[3Cu + 8HNO_3 = 2NO + 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O]$$

(ii) দ্বিতীয় আগম-নলটি ফিট করা হয় সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করার ফ্লাস্কে (2)। এই ফ্লাস্কে তাপের সাহায্যে তামার কুচির (Cu) সঙ্গে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়। $[2H_2SO_4 + Cu = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2]$

(iii) তৃতীয় আগম-নলটি একটি জল ভরা ফ্লাস্কে (3) ফিট করা থাকে। ফ্লাস্কের জল গরম করিয়া স্টীম তৈরী করা হয়। (iv) চতুর্থ আগম-নলটির (4) ভিতর দিয়া বিক্রিয়া ফ্লাস্কে একটি হাপরের সাহায্যে বায়ুর অক্সিজেন প্রবেশ

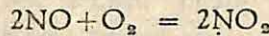
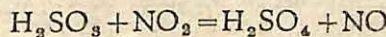
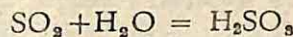
করে। (v) নির্গম-নলটি (5) বিক্রিয়া ফ্লাস্কে খোলা অবস্থায় থাকিয়া বাহিরের বাতাসের সহিত রক্ষা করিবে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের রসায়নাগারে প্রস্তুতি

ফ্লাস্কের মধ্যে নিম্নোক্ত ক্রিয়াগুলি ঘটিবে ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইবে।

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

(বায়ু হইতে)

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

$$H_2SO_3 + NO_2 = H_2SO_4 + NO$$

ক্রিয়াগুলি পর্যায় ক্রমে চলিবে ও ফ্লাস্কে H_2SO_4 জমিবে। ফ্লাস্কের অভ্যন্তরস্থ অতিরিক্ত বায়ু প্রভৃতি নির্গম-নলের পথে বাহির হইয়া যাইবে।

এই অ্যাসিডে কিছু নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। ইহার সহিত কিছু অ্যামোনিয়াম সালফেট মিশাইয়া, মিশ্রণ ফুটাইলে সমস্ত নাইট্রোজেন যৌগ দূর হইয়া যায়। অ্যাসিড ঘন হইয়া প্রায় জলহীন হয়। সম্পূর্ণ জলহীন সালফিউরিক অ্যাসিড পাইতে হইলে উহার সহিত প্রয়োজনানুরূপে সালফার ট্রাই-অক্সাইড মিশাইতে হয়।

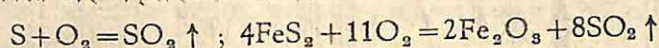
চেম্বার পদ্ধতি (Chamber process)

চেম্বার-পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের পদ্ধতি অনুধাবনের জন্য এই পদ্ধতিকে চারিভাগে ভাগ করা যায়। যথা :

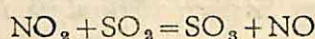
(i) রাসায়নিক বিক্রিয়া, (ii) উপকরণ, (iii) সাধারণ যান্ত্রিক সরঞ্জাম এবং (iv) উৎপাদন প্রক্রিয়া।

(i) **রাসায়নিক বিক্রিয়া** (Chemical reactions) : সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), নাইট্রোজেন পারক্সাইড (NO_2) এবং জলীয় বাষ্প (H_2O) ও বায়ুর সম্মিলিত বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী হয়। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

(ক) প্রথম বায়ুতে সালফার বা কোন ধাতব সালফাইড দগ্ধ করিয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা :

$$S + O_2 = SO_2 \uparrow \; ; \; 4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \uparrow$$

(খ) চিলি নাইটার ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় তৈরী করা হয় প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিড। এই নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) তৈরী হয়। যথা : $4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$

সালফার ডাই-অক্সাইড ও এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হয়। যথা :

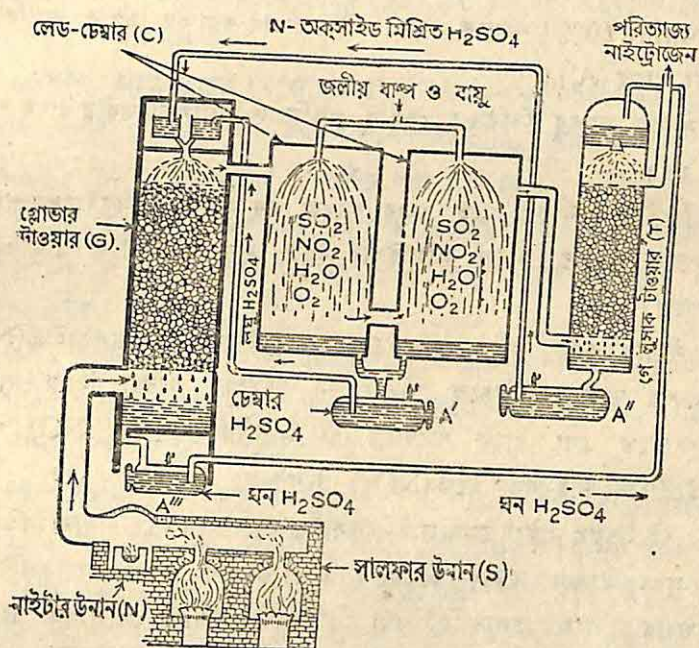
$$NO_2 + SO_2 = SO_3 + NO$$

(গ) বায়ুর সংস্পর্শে এই নাইট্রিক অক্সাইড আবার নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা : $2NO + O_2 = 2NO_2$

(ঘ) এই নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেন বাহকরূপে অবিরাম সালফার ডাই-অক্সাইডকে (SO_2) অক্সিজেন সরবরাহ করিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে (SO_3) পরিণত করে।

(ঙ) এইভাবে উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলীয় বাষ্পের বা জলীয় ধারার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করে। যথা :

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

(i) **রাসায়নিক উপকরণ** (Chemical ingredients) : চেম্বার পদ্ধতির উপকরণ—(ক) সালফার বা আয়রন পিরাইটিস জাতীয় ধাতুর সালফাইড, খ) চিলির লবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিড, (গ) জলীয় বাষ্প এবং (ঘ) বায়ু।

(ii) **যান্ত্রিক সরঞ্জাম** (Plant) ঃ (ক) সালফার উনান (S), (খ) নাইটার উনান (N), (গ) গ্লোভার টাওয়ার (G), (ঘ) লেড চেম্বার বা সীসার কক্ষ (C), (ঙ) গে-লুসাকের টাওয়ার (T), (চ) অ্যাসিড গ্রাহক পাত্র (A′, A″ ও A‴) [চিত্র দেখ]

চেম্বার পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) প্রস্তুতি

('Description of the commercial plant not required'
—সিলেবাস।)

(iv) **উৎপাদন প্রক্রিয়া** (Production) ঃ সালফার উনানে (S) সালফার বা লোহার সালফাইড পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) তৈরী করা হয়। নাইটার উনানে (N) চিলির লবণের ($NaNO_3$) উপরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্পীয় অবস্থায় ভাঙ্গিয়া গিয়া নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) পরিণত হয়।

প্রথম পর্যায় ঃ সালফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের মিশ্র গ্যাস প্রবেশ করে গ্লোভার টাওয়ারে (G Glover tower)। গ্লোভার টাওয়ার পাথর কুচি-ভরা একটি ইটের স্তম্ভ। এখানে গ্যাসগুলি ভালভাবে মিশ্রিত হইয়া টাওয়ারের উপর দিকের নির্গম-নলের পথে প্রবেশ করে **লেড**

চেম্বার বা সীসার কক্ষে (C)। লেড চেম্বার সীসার তৈরী দুই বা তিনটি করিয়া সারি সারি কক্ষ বা কোঠা। এই কক্ষে জলীয় বাষ্প, বায়ু এবং সালফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণের ফলে যে বিক্রিয়া ঘটে তাহার ফলে সীসার কক্ষে তৈরী হয় সালফিউরিক অ্যাসিড। এই অ্যাসিড 60% (শতাংশ) ঘন। ইহা সংগ্রহ করা হয় চেম্বার অ্যাসিডের আগ্রহ পাত্রে (A´)।

সীসার কক্ষের বিক্রিয়ায় চেম্বার পদ্ধতিতে অ্যাসিড তৈরীর প্রথম পর্যায় শেষ হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ঃ এই পর্যায় আরম্ভ হয় উদ্বৃত্ত নাইট্রোজেন পারক্সাইডকে আবার কাজে লাগাইবার এবং লঘু অ্যাসিডকে গাঢ় করবার উদ্দেশ্যে।

সীসার কক্ষে অর্থাৎ লেড চেম্বারে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) সালফার ডাই-অক্সাইডকে অক্সিজেন সরবরাহ করিয়া নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে এবং বায়ুর সংযোগে এই নাইট্রিক অক্সাইড (NO) আবার নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) পরিণত হয়।

এই উদ্বৃত্ত নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পাঠানো হয় গে-লুসাক টাওয়ারে। গে-লুসাক টাওয়ার (Gay Lussac tower) কয়লার অঙ্গার ভরা একটি স্তম্ভ। টাওয়ার বা স্তম্ভের তলায় ফিট-করা একটি নলের মাধ্যমে গে-লুসাক টাওয়ারে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রবেশ করে এবং এই গ্যাসের উপরে স্তম্ভের উপর হইতে ঝরানো হয় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড নাইট্রোজেনের অক্সাইডকে শোষণ করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেন অক্সাইডের একটি মিশ্র পদার্থ গঠন করে—যাহাকে বলা হয় **নাইট্রেটেড সালফিউরিক অ্যাসিড** (nitrated sulphuric acid)। ইহা দ্বিতীয় গ্রাহক পাত্রে (A") সংগ্রহ করা হয়। পাইপের সাহায্যে এই নাইট্রেটেড সালফিউরিক অ্যাসিড পাঠানো হয় গ্লোভার টাওয়ারের শীর্ষে। সীসার কক্ষে তৈরী লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডও পাইপের সাহায্যে গ্লোভার টাওয়ারের শীর্ষে পাঠানো হয়।

প্রথম পর্যায়ে একবার চিলির লবণ হইতে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড তৈরী করার পরে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের এই নাইট্রেটেড মিশ্রণই অবিরাম নাইট্রোজেনের ডাই-অক্সাইড সরবরাহ করার

কাজ করে। নাইট্রেটেড অ্যাসিড ও লঘু চেম্বার অ্যাসিড গ্লোভার টাওয়ারের উপর হইতে ঝরানো হয়। সালফার উনান হইতে আগত তপ্ত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্লোভার টাওয়ারে নির্ঝরিত অ্যাসিডের জলীয় অংশ এবং নাইট্রোজেন অক্সাইডের সঙ্গে মিশিয়া লেড চেম্বারে প্রবেশ করে। তার ফলে গ্লোভার টাওয়ারের তলায় রক্ষিত তৃতীয় গ্রাহক পাত্রে (A''') সংগৃহীত হয় ঘন (78%) সালফিউরিক অ্যাসিড।

চেম্বার অ্যাসিডের বিশোধন (Purification of chamber acid): চেম্বার অ্যাসিডে সাধারণত লেড সালফেট ($PbSO_4$), আর্সেনিক অক্সাইড (As_2O_3) এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড মিশ্রিত থাকে।

উৎপন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে জল মিশ্রিত করিয়া ইহাকে 60% অ্যাসিডে পরিণত করিলে লেড সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। কারণ, লেড সালফেট এরূপ লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

60% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে হাইড্রোজেন সালফাইড চালাইলে আর্সেনিক সালফাইড (As_2S_3) এবং লেড সালফাইড অধঃক্ষেপ পড়ে। ইহার পরে সালফিউরিক অ্যাসিড পরিস্রুত করা হয়।

এই পরিস্রুত 60% সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যামোনিয়াম সালফেট [$(NH_4)_2SO_4$] মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেনের অক্সাইড অপসারিত হয়। এরূপ প্রক্রিয়ার পরে 60% সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করিলে নাইট্রোজেন, জলীয় বাষ্প ইত্যাদি নির্গত হইয়া যায় এবং পাতন পাত্রে অবশেষ-রূপে পাওয়া যায় বিশুদ্ধ 98% সালফিউরিক অ্যাসিড। ইহার সঙ্গে ওলিয়াম মিশ্রিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডকে 100% ঘন করা যায়।

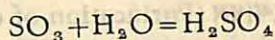
সংস্পর্শ পদ্ধতি

(Contact process)

সংস্পর্শ পদ্ধতিকেও কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা: (i) রাসায়নিক বিক্রিয়া, (ii) বিক্রিয়ার সতর্কতা, (iii) উপকরণ ও যান্ত্রিক সরঞ্জাম এবং (iv) উৎপাদন প্রক্রিয়া।

(I) **রাসায়নিক বিক্রিয়া** (Chemical reactions): সাধারণ অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে অকসিজেনের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। কিন্তু

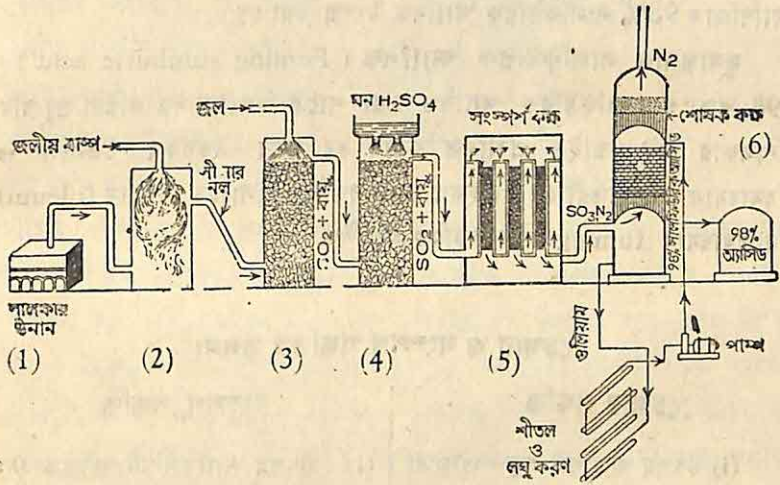
এককভাবে **তপ্ত প্লাটিনাম** অথবা **তপ্ত ভেনেডিয়াম পেণ্টক্সাইড অনুঘটকরূপে** ব্যবহার করিয়া এই অনুঘটকের সংস্পর্শে সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করা হয়। যথা: $2SO_2 + O_2 = 2SO_3 + 45,000$ ক্যালরি (calorie); এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় তৈরী করে সালফিউরিক অ্যাসিড। যথা:

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

(ii) **বিক্রিয়ার সতর্কতা** (Precaution of reaction): সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের সংযোগে সালফার ট্রাই-অক্সাইড তৈরী করার জন্য (ক) বিকারকগুলি অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন **শুষ্ক** এবং **পরিস্রুত** করিয়া ধূলা, বালি, সালফার, আরসেনিক কণা ইত্যাদি হইতে মুক্ত রাখা হয়। অন্যথায় ময়লার সংস্পর্শে অনুঘটকের ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়, অর্থাৎ **অনুঘটক বিষাক্ত** (poisoned) হইয়া যায়; (খ) বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক বলিয়া অনুঘটক কক্ষের তাপ কমাইয়া 450°C তাপাংকের কাছাকাছি স্থির রাখা হয়। (গ) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ক্রিয়া সম্পাদনের জন্য অক্সিজেন বেশিমাত্রায় সরবরাহ করা হয়। এই শর্ত কয়টি পূর্ণ হইলে তবেই সংস্পর্শ-পদ্ধতিতে পর্যাপ্ত সালফার ট্রাই অক্সাইড তৈরী করা সম্ভব।

(iii) **রাসায়নিক উপকরণ** (Chemicals) **ও যান্ত্রিক সরঞ্জাম** (plants): এই পদ্ধতির রাসায়নিক উপকরণ—সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), অক্সিজেন (O_2) এবং অনুঘটক। ইহার যান্ত্রিক সরঞ্জাম— 1. সালফার উনান, 2. বাষ্প কক্ষ, 3. জল নির্ঝর কক্ষ, 4. অ্যাসিড নির্ঝর কক্ষ, 5. সংস্পর্শ কক্ষ এবং 6. শোষক স্তম্ভ।

(vi) **উৎপাদন বিক্রিয়া** (Production process): সালফার **উনানে** (1) সালফার অথবা পিরাইটিস পোড়াইয়া তৈরী করা হয় সালফার ডাই-অক্সাইড। এই সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাঠানো হয় **বাষ্প-কক্ষে** (2) বাষ্প-কক্ষের বাষ্পে বিধৌত (washing) হইয়া এই গ্যাস (SO_2) অনেকাংশে পরিস্রুত হয়। আংশিক পরিস্রুত সালফার ডাই অক্সাইডকে অধিকতর পরিস্রুত করার জন্য আবার পাঠানো হয় **জল-নির্ঝর কক্ষে** (3)।

এই দ্বিতীয় কক্ষে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে ও বায়ুকে জলের

নির্ঝরিত ধারায় ধুইয়া সম্পূর্ণভাবে ময়লা মুক্ত করা হয়। এই কক্ষ-নির্ঝর কক্ষটি পাথরকুচি দ্বারা ভরা থাকে। এই কক্ষের উপর হইতে জল ঝরানো হয় এবং নীচের পথে পাঠানো হয় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস। কিন্তু এই কক্ষ হইতে নির্গত হওয়ার সময় এই গ্যাস SO_2 জলধারায় সিক্ত হইয়া যায়। তাই এই সিক্ত সালফার ডাই-অক্সাইডকে শুষ্ক করা হয় পরবর্তী ঘন সালফিউরিক **অ্যাসিড নির্ঝর কক্ষে** (4)।

সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

এই অ্যাসিড-নির্ঝর কক্ষটিও পাথরকুচিতে ভরা থাকে। এই কক্ষে ঝরানো হয় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং কক্ষটিতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও বায়ু প্রবেশ করে নীচের পথে। ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এই গ্যাসের (SO_2) সঙ্গে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শুষিয়া লইয়া গ্যাসটিকে বিশুদ্ধ করিয়া দেয়। শেষ বিন্দু অ্যাসিড বাষ্প অপসারণের জন্য এই গ্যাস কোক ফিলটারের ভিতর দিয়া চালাইয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

এই বিশুদ্ধ ও পরিস্রুত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও বায়ু শেষ পর্যায়ে প্রবেশ করে **সংস্পর্শ বা কন্‌টাক্ট কক্ষে** (5)। এই কক্ষের তাপাংক প্রায় 450°C এবং কক্ষটি ভরা থাকে অনুঘটকে। অ্যাসবেস্‌টসের উপর প্লাটিনামের আস্তরণ ফেলিয়া অথবা ভেনেডিয়াম পেণ্টক্সাইডযুক্ত কোন অনুঘটক তৈরী করা

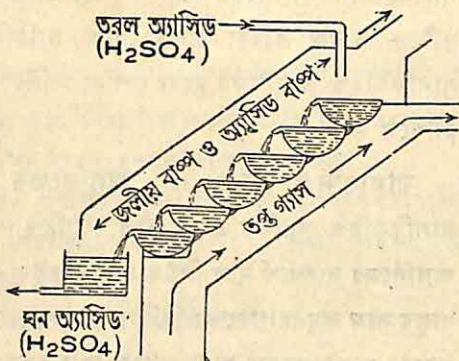
হয়। এই সংস্পর্শ বা অনুঘটক-কক্ষে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) বায়ুর সাহায্যে সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) পরিণত হয়।

অ্যাসিডের ঘনত্ব (Concentration of acid): এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাঠানো হয় একটি **শোষক কক্ষে** (6)। এই কক্ষের পাশ দিয়া প্রবেশ করে সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3) এবং উপর হইতে নামে 98% H_2SO_4 অ্যাসিডের ধারা। ফলে কক্ষের তলায় ওলিয়াম বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড জমে। ইহার সহিত উপযুক্ত পরিমাণে জল মিশাইয়া বাণিজ্যিক 98% সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।

ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড (Fuming sulphuric acid): 98 শতাংশ সালফিউরিক অ্যাসিড ভরা পাত্রে জলধারা বন্ধ করিয়া শুধু যদি সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রবাহিত করান হয় তবে একরকম তৈলাক্ত ও ধূমায়মান তরল তৈরী হয়। এইরূপ তরল বস্তুটিকে বলা হয় ওলিয়াম (oleum) বা ধূমায়মান (fuming) সালফিউরিক অ্যাসিড।

চেম্বার ও সংস্পর্শ পদ্ধতির তুলনা

চেম্বার পদ্ধতি	সংস্পর্শ পদ্ধতি
(i) উৎপন্ন অ্যাসিড লঘু—তীব্রতা 65 হইতে 78 শতাংশ ;	(i) উৎপন্ন অ্যাসিড ঘন, তীব্রতা 98 হইতে 100 শতাংশ ;
(ii) অ্যাসিড অবিশুদ্ধ—নানারূপ ময়লা মিশ্রিত ;	(ii) অ্যাসিড বিশুদ্ধ ;
(iii) এই অ্যাসিড ঘন করা ব্যয়-সাধ্য ;	(iii) উৎপন্ন অ্যাসিড যথেষ্ট ঘন বলিয়া অতিরিক্ত ঘন করার প্রয়োজন নাই ;
(iv) ব্যবহৃত সালফার ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণভাবে ক্রিয়ান্বিত হয় না;	(iv) ব্যবহৃত সালফার ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণভাবে ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়,
(v) চেম্বার অ্যাসিড সুপার ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট, ফটকিরি, ইত্যাদি তৈরী করার জন্য সরাসরিভাবে ব্যবহার করা হয় ;	(v) সংস্পর্শ পদ্ধতির বিশুদ্ধ অ্যাসিড পেট্রোলিয়াম পরিস্রুতির কাজে, রঙ, ওষুধ ও বিস্ফোরক দ্রব্য তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয় ;
(vi) ব্যয় অপেক্ষাকৃত কম।	(vi) ব্যয় অপেক্ষাকৃত বেশি।

লঘু অ্যাসিড ঘনকরণ (Concentration of acid) : চেম্বার পদ্ধতিতে সাধারণত 65% শতাংশ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী হয়। এই অ্যাসিড গ্লোভার টাওয়ারে 78% শতাংশ পর্যন্ত ঘন করা যায়। 78% অ্যাসিডকে 98% পর্যন্ত ঘন করা হয় উত্তপ্ত গ্যাসের সাহায্যে অ্যাসিডের জলীয় অংশ বাষ্পীভূত করিয়া। কয়লার চুল্লী দ্বারা—বায়ু উত্তপ্ত করিয়া তাহা অ্যাসিডের উপরে পাঠান হয়। চিত্রাকারে

লঘু অ্যাসিড ঘনকরণ

গঠিত সুরঙ্গ ধরনের ইটের তৈরী সিড়ি থাকে থাকে সাজাইয়া রাখা হয় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ভরা পাত্র। এই অ্যাসিড পাত্রগুলি সিলিকায় তৈরী। সুরঙ্গের তলা হইতে উত্তপ্ত গ্যাস প্রবাহিত করা হয় উপরের দিকে এবং উপর হইতে নীচের দিকে ঢালা হয় অ্যাসিড। অ্যাসিড উপর হইতে থাকে থাকে সাজান পাত্রে উপচাইয়া পড়ে এবং ঊর্ধ্বগতি তপ্ত গ্যাসের সঙ্গে নিম্নগতি অ্যাসিডের ধারার সংস্পর্শ ঘটে। তপ্ত গ্যাসের সংস্পর্শে অ্যাসিডের জলীয় অংশ বাষ্পে পরিণত হইয়া অপসারিত হয়। তার ফলে নীচের শেষ পাত্রটির অ্যাসিড প্রায় 98 শতাংশ ঘন হইয়া যায়।

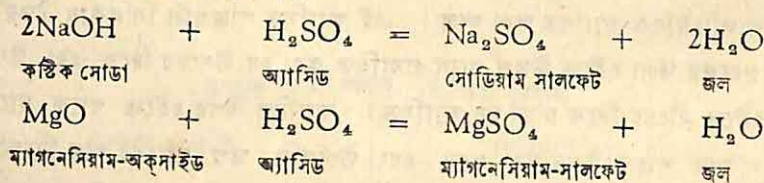
বাণিজ্যিক ভাষায় এখনও চেম্বার অ্যাসিডকে B. O. V. অর্থাৎ **ব্রাউন অয়েল অব ভিট্রিয়ল** (brown oil of vitriol 78% ঘন) এবং সংস্পর্শ পদ্ধতিতে তৈরী অ্যাসিডকে R. O. V. অর্থাৎ **রেকটিফাইড অয়েল অব ভিট্রিয়ল** (rectified oil of vitriol 98% ঘন) বলা হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : (i) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি গন্ধহীন তৈলাক্ত এবং বর্ণহীন তরল পদার্থ। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84 ; (ii) অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে সক্ষম। (iii) প্রায় 10°C তাপাংকে অ্যাসিড সাদা স্ফটিকে পরিণত হয় এবং 338°C তাপাংকে ফুটিতে আরম্ভ করে। (v) জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশানো যায়।

কিন্তু কখনও সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিতে নাই। সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিলে এত উত্তাপ সৃষ্টি হয় যে, অ্যাসিড ফুটিতে আরম্ভ করিয়া প্রবল বেগে চারিদিকে ছিটকাইয়া পড়ে। তাই, সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল না ঢালিয়া জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অ্যাসিড ঢালিতে হয়।

রাসায়নিক ধর্ম: (i) **অ্যাসিডের গুণ** (acid property): সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড। (ক) ইহা স্বাদে অম্ল; (খ এই অ্যাসিডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস লাল হইয়া যায়; (গ) জিংক, লোহা ইত্যাদি ধাতুর সঙ্গে লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুর পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া ধাতুর লবণ তৈরী হয়। যথা: $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ এবং ঘ) ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ ও জল তৈরী করে।

$2NaOH$	+	H_2SO_4	=	Na_2SO_4	+	$2H_2O$
কষ্টিক সোডা		অ্যাসিড		সোডিয়াম সালফেট		জল
MgO	+	H_2SO_4	=	$MgSO_4$	+	H_2O
ম্যাগনেসিয়াম-অক্সাইড		অ্যাসিড		ম্যাগনেসিয়াম-সালফেট		জল

(ii) **প্রবল জল শোষণ ধর্ম** (Dehydrating agent): ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড জল বা জলীয় বাষ্প প্রবলভাবে আকর্ষণ করিয়া শোষণ করে। এজন্য সিক্ত পদার্থকে শুষ্ক করার জন্য একটি প্রধান বিশোষকরূপে ডেসিকেটারে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। চিনি, কাগজ ও স্টার্চজাতীয় পদার্থের (আটা, চাউল) জলীয় অংশ শোষণ করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড এই সমস্ত বস্তুকে কালো কার্বনে পরিণত করে। চিনি, স্টার্চ ইত্যাদি জৈব বস্তুকে কার্বোহাইড্রেট বলা হয়। কারণ, কার্বন ছাড়া এইসব পদার্থের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণু থাকে জলের অনুপাতে (H : O : : 2 : 1)। তাই সালফিউরিক অ্যাসিড এই সব জৈব পদার্থের জলীয় অংশ শুষিয়া লওয়ার ফলে একমাত্র কার্বন বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়িয়া থাকে।

কিন্তু অ্যামোনিয়া গ্যাস অথবা হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শুষ্ক করা যায় না। অ্যামোনিয়া একটি বেস বা ক্ষারক। অ্যাসিডের সহিত উহা সক্রিয় হইয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট লবণ

উৎপন্ন করিবে। হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারকধর্মী বলিয়া উহা সালফিউরিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফাইডে পরিণত করিতে চাহিবে, সুতরাং উৎপন্ন গ্যাস অবিশুদ্ধ হইবে।

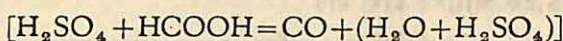
পরীক্ষা : 1. একটি মুচি সম্পূর্ণভাবে সালফিউরিক অ্যাসিডে ভরিয়া অ্যাসিড-ভরা পাত্রটি বায়ুতে রাখিয়া দাও। দেখিবে, বায়ুর জলীয় বাষ্প আকর্ষণ করিয়া অ্যাসিডের আয়তন বাড়িয়া যাইতেছে এবং কিছুক্ষণ পরে অ্যাসিড উপচাইয়া মুচি হইতে পড়িয়া যাইতেছে।

2. একটি কাচের রড সালফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া এক টুকরা কাগজের উপর তোমার নাম লেখ। এই কাগজটি বুনসেন প্রদীপের মৃদু শিখায় তুলিয়া ধর। দেখিবে, কাগজের গায়ে কালো রেখায় (কার্বন) তোমার নাম ফুটিয়া উঠিয়াছে।

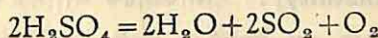
3. একটি বীকারে জলের মধ্যে ধীরে ধীরে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। দেখিবে ঐ জল গরম হইয়া গিয়াছে।

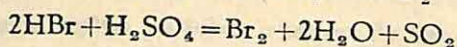
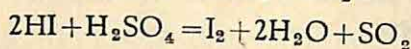
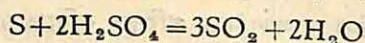
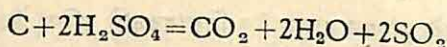
4. একটি বীকারে ঘন চিনির দ্রবণ লও। আরেকটি বীকারে সম-আয়তনে সালফিউরিক অ্যাসিড লও। ধীরে ধীরে চিনির দ্রবণে অ্যাসিড মিশাও। মিশ্রণটি গরম হইয়া ফুটিয়া উঠিবে এবং প্রথম বাদামী ও পরে কালো হইয়া যাইবে। চিনির কার্বন বিচ্ছিন্ন হওয়ায় মিশ্রণটি কালো দেখাইবে।

5. সালফিউরিক অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় অংশ শুষিয়া লয় এবং কার্বন মনক্সাইড গঠন করে। যথা :

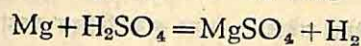
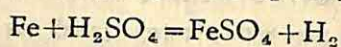
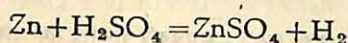
$$[H_2SO_4 + HCOOH = CO + (H_2O + H_2SO_4)]$$

6. ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে ধীরে ধীরে কাঠের গুঁড়া ফেলিয়া দাও। কাঠের গুঁড়া কালো অঙ্গারে পরিণত হইবে।

(iii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) : তাপের প্রভাবে সালফিউরিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া জল, অক্সিজেন ও সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। তপ্ত ঝামা-পাথরের (pumice stone) উপরে ফোঁটা ফোঁটা সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে এই বিক্রিয়া ঘটে :

$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

(iv) **জারণ ক্ষমতা** (Oxidising capacity) : ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডে জারিত করিয়া দেয়। ইহা হাইড্রো-ব্রোমিক (HBr) ও হাইড্রো-আয়োডিক (HI) অ্যাসিডের হাইড্রোজেন অপসারণ করিয়া ইহাদেরও জারিত করে এবং ফসফরাসকে ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করে। যথা :

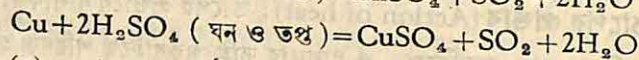
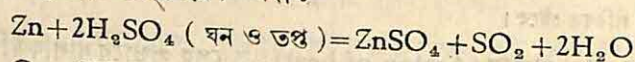
$$C+2H_2SO_4=CO_2+2H_2O+2SO_2$$
$$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$
$$2HI+H_2SO_4=I_2+2H_2O+SO_2$$
$$2HBr+H_2SO_4=Br_2+2H_2O+SO_2$$
$$2P+5H_2SO_4=2H_3PO_4+5SO_2+2H_2O$$

এই সকল বিক্রিয়ায় অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

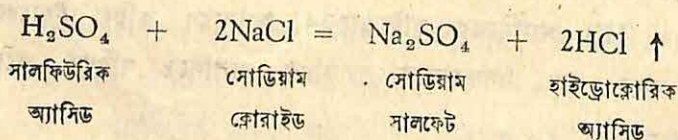
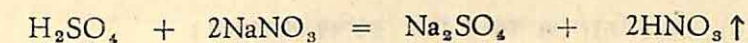
(v) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Action on metals): (ক) ঠাণ্ডা ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিংক, লোহা ও ম্যাগনেসিয়াম বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ও ধাতব সালফেট লবণ গঠন করে। যথা:

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$
$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$
$$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$$

(খ) লোহা, সীসা, রূপা, পারদ বা টিন প্রভৃতি ধাতুর উপরে ঘন ও ঠাণ্ডা সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন বিক্রিয়া ঘটে না। তাই, লোহার পাত্রে ঘন ও ঠাণ্ডা সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা যায়।

(গ) ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয়। যথা:

$Zn+2H_2SO_4$ (ঘন ও তপ্ত) $=ZnSO_4+SO_2+2H_2O$

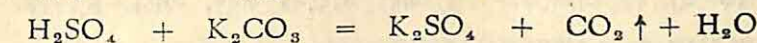
$Cu+2H_2SO_4$ (ঘন ও তপ্ত) $=CuSO_4+SO_2+2H_2O$

(ঘ) সোনা বা প্লাটিনামের উপরে ইহার (H_2SO_4) কোন বিক্রিয়া নাই।

(iv) **উদ্বায়িত** (Volatility): সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের চেয়ে কম উদ্বায়ী। তাই সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর ক্লোরাইড, নাইট্রেট, ও কার্বনেট লবণের বিক্রিয়ার ফলে অধিকতর উদ্বায়ী হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। যথা:

H_2SO_4	+	$2NaCl$	=	Na_2SO_4	+	$2HCl\uparrow$
সালফিউরিক অ্যাসিড		সোডিয়াম ক্লোরাইড		সোডিয়াম সালফেট		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

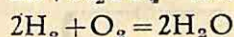
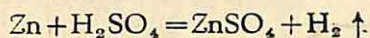
$$H_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2HNO_3 \uparrow$$

সালফিউরিক অ্যাসিড | সোডিয়াম নাইট্রেট | সোডিয়াম সালফেট | নাইট্রিক অ্যাসিড

$$H_2SO_4 + K_2CO_3 = K_2SO_4 + CO_2 \uparrow + H_2O$$

সালফিউরিক অ্যাসিড | পটাসিয়াম কার্বনেট | পটাসিয়াম সালফেট | কার্বন ডাই-অক্সাইড | জল

সালফিউরিক অ্যাসিডের উপাদানগুলির অস্তিত্বের প্রমাণ (Test of existence of H_2, S and O_2 in H_2SO_4) :

(i) জিংক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। জল অপসরণ করিয়া গ্যাস সংগ্রহ কর। এই গ্যাস দাহ্য এবং ইহার দহনের ফলে জল তৈরী হয়।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \uparrow$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

(ii) তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে ইহা সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পে ভাঙ্গিয়া যায়। এই মিশ্র গ্যাস জলের ভিতর দিয়া চালাইলে জল সালফার ডাই অক্সাইড শোষণ করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করে ($SO_2 + H_2O_2 = H_2SO_3$)। অবশিষ্ট গ্যাসের মধ্যে জলন্ত প্যাটকাঠি ধরিলে ইহা দীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিয়া অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।

(iii) সালফিউরাস অ্যাসিডকে ক্লোরিন জল দ্বারা জারিত করিয়া ইহাতে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ মিশ্রিত করিলে অ্যাসিডে অদ্রবণীয় সাদা বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

এই সালফেটকে উত্তপ্ত অবস্থায় কার্বন দ্বারা বিজারিত করিলে সালফাইড পাওয়া যায়। তাহার সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) পাওয়া যায়। তাহা ব্রোমিন জলের মধ্যে চালাইলে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার (Uses of sulphuric acid) : প্রধান শিল্পের মধ্যে খুব কম শিল্পই আছে যাহাতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা না হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড প্রধানত ব্যবহার করা হয় :

(i) সুপার-ফসফেট ও অ্যামোনিয়াম সালফেট সার এবং অ্যালাম উৎপাদনে ;

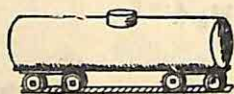
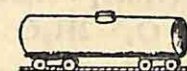
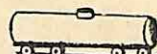
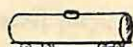
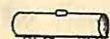
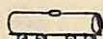
(ii) পেট্রোলিয়াম ও অন্যান্য তেল বিশুদ্ধির প্রয়োজনে।

(iii) প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্য, যথা—নাইট্রিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফেট লবণ এবং কার্বনেট লবণ, স্টার্চ, গ্লুকোজ, অ্যালকোহল, ইথার ইত্যাদির উৎপাদনে।

(iv) ঔষধ ও রঙ, তথা নীল, ফেনল ইত্যাদি তৈরী করার কাজে।

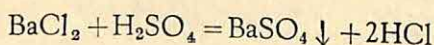
(v) টিন, লোহা, জিংক ইত্যাদি পরিষ্কার ও গ্যালভেনাইজ করার কাজে;

(vi) ধাতু পরিস্রুতির প্রয়োজনে এবং সূতি শিল্পের কাজে;

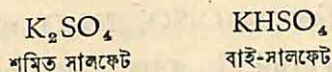
(vii) সীসা বা লেড, বেরিয়াম সালফেটের ন্যায় রঙ ও পেইন্ট প্রস্তুতির শিল্পে:

সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার

(viii) নাইট্রো-গ্লিসারিন, গান-কটন, ট্রাই-নাইট্রো-টলুইন ইত্যাদি বিস্ফোরক উৎপাদনে এবং অন্যান্য শিল্পে।

সনাক্তকরণ (Test): লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড নীল লিটমাস কাগজ লাল করে। তপ্ত কপারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ইহা (H_2SO_4) পোড়া গন্ধকের গন্ধযুক্ত সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরী করে। বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$) দ্রবণ ও অ্যাসিডের (H_2SO_4) বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় সাদা বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ইহা ($BaSO_4$) লঘু HCl-এ অদ্রবণীয়।

$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$$

সালফেট লবণ (Sulphate salt)

সালফিউরিক অ্যাসিডের লবণকে বলা হয় **সালফেট**। সালফিউরিক অ্যাসিডে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। তাই, **শমিত** বা **নরমেল** এবং **অ্যাসিড** বা **বাই-লবণ**—এরূপ দুই রকম সালফেট লবণ তৈরী করা যায়। **সালফেট লবণ** তৈরী করা যায় ধাতু, ধাতুর অক্সাইড, ধাতুর হাইড্রক্সাইড, ধাতুর কার্বনেট লবণ বা ধাতুর ক্লোরাইড লবণের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া। [সালফিউরিক অ্যাসিডের রাসায়নিক ধর্মের বর্ণনায় সালফেট লবণ উৎপাদনের এরূপ অনেক উদাহরণ দেওয়া হইয়াছে।]

K_2SO_4 — শমিত সালফেট $KHSO_4$ — বাই-সালফেট

বেরিয়াম, লেড ও স্ট্রনশিয়াম সালফেট ($BaSO_4$, $PbSO_4$ ও $SrSO_4$) ব্যতীত প্রায় সকল সালফেট জলে দ্রবণীয়। ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) জলে স্বল্প দ্রবণীয়। সালফেট লবণ সাধারণত জল অণুসহ নানা রকম কেলাস গঠন করে। ইহাদের কোন কোন স্ফটিকাকার ধাতব সালফেট লবণের বিশেষ নাম আছে। যথা

Na_2SO_4, $10H_2O$ — **গ্লবার লবণ** (glauber salt) বা সোডিয়াম সালফেট

$MgSO_4$, $7H_2O$ — **ইপসম লবণ** (epsom salt) বা ম্যাগনেসিয়াম সালফেট

$FeSO_4$, $7H_2O$ — **সবুজ ভিট্রিয়াল** (green vitriol) বা হিরাকস বা ফেরাস সালফেট

$ZnSO_4$, $7H_2O$ — **সাদা ভিট্রিয়ল** (white vitriol) বা জিংক সালফেট

$CuSO_4$, $5H_2O$ — **নীল ভিট্রিয়ল** (blue vitriol) বা তুঁতে বা কপার সালফেট

1. **সোডিয়াম সালফেট** বা **গ্লবার লবণ** (Na_2SO_4, $10H_2O$) : ইহা দশ জল অণুসহ স্ফটিকাকারে গঠিত (Na_2SO_4, $10H_2O$)। জার্মান বিজ্ঞানী গ্লবার সাধারণত লবণ ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা প্রথম তৈরী করেন। যথা : $2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$

ইহা **গ্লবার লবণ** (Glauber's salt) নামে পরিচিত এবং সোডা উৎপাদন এবং কাচশিল্পে ব্যবহৃত হয়।

2. **ম্যাগনেসিয়াম সালফেট বা ইপসম লবণ** ($MgSO_4$, $7H_2O$) : ইহা সমুদ্র জলে পাওয়া যায় এবং 7 অণু কেলাস জলসহ যে দানাদার লবণ গঠিত হয় তাহা **ইপসম লবণ** (Epsom salt) নামে পরিচিত। ইহা বিবেচকরূপে ব্যবহৃত হয়।

3. **ক্যালসিয়াম সালফেট** ($CaSO_4$, $2H_2O$) : ইহা জিপসাম (gypsum) নামক খনিজ পদার্থরূপে পাওয়া যায়। জিপসাম 150°C–170°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিয়া প্যারিস-প্লাস্টার (Plaster of Paris) তৈরী করা হয়। প্লাস্টার অব প্যারিস –($2CaSO_4$, H_2O) ; জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে পুনরায় কঠিন জিপসামে ($CaSO_4$, $2H_2O$) পরিণত হয়।

4. **ভিট্রিয়ল** (Vitriol) : কপার, আয়রন ও জিংকের সালফেটকে সাধারণভাবে ভিট্রিয়াল বলা হয়। ইহা স্ফটিকাকার যৌগ।

(i) **নীল ভিট্রিয়ল বা কপার সালফেট** (Blue vitriol—($CaSO_4$, $5H_2O$) : ইহা স্ফটিকাকার নীলবর্ণের যৌগ। উত্তপ্ত করিলে কেলাস জল নির্গত হয় এবং নীল দানা সাদা পাউডারে ($CuSO_4$) পরিণত হয়। ইহা কপার প্লেটিং, খনিজ, রঙ, কপারের বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুতি এবং কৃষিকার্যে জীবাণু নাশের জন্য ব্যবহার করা হয়। ইহা উত্তপ্ত করিলে সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটে ($CuSO_4$) পরিণত হয়।

(ii) **সবুজ ভিট্রিয়ল বা ফেরাস সালফেট** (Green vitriol—$FeSO_4$, $7H_2O$) : ইহা সবুজ বর্ণের দানাদার যৌগ। ইহা কাঠ সংরক্ষণ, কালি প্রস্তুতি, প্রাশিয়ান ব্লু নামের রঙ উৎপাদন, রং-শিল্প, ফটোগ্রাফী ইত্যাদিতে এবং কৃষিকার্যে পতঙ্গনাশকরূপে ব্যবহৃত করা হয়।

(iii) **সাদা ভিট্রিয়ল** (White vitriol) **বা জিংক সালফেট**—($ZnSO_4$, $7H_2O$) : জিংকের এই ক্রস্টাল আকৃতির সালফেট সূতি ও রঞ্জন শিল্পে এবং ঔষধ প্রস্তুতির জন্য ব্যবহার করা হয়। জিংকের অন্যান্য যৌগও সালফেট যৌগ হইতে প্রস্তুত করা হয়।

অ্যালাম বা ফটকিরি (Alum)

সালফেট লবণ দ্বৈত-লবণ (double-salt) গঠন করিতে সক্ষম। **পূর্বে 24 জল-অণুসহ গঠিত অ্যালুমিনিয়াম ও পটাসিয়ামের যুগ্ম সালফেট লবণকেই শুধু অ্যালাম বলা হইত**। ইহার ফর্মুলা—K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$; এখন M_2SO_4 $N_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ যৌগ—

এখানে M (M এখানে এক যোজী মৌল বা মূলক) = Na, K, NH_4 এবং N (তিন যোজী মৌল বা মূলক) = Fe, Al, Cr ইত্যাদি পরমাণু হইতে পারে—এরূপ যৌগকেও অ্যালাম বলা হয়।

বিভিন্ন ধাতুর সালফেট লবণ বিভিন্ন যুগ্ম লবণ গঠনে দক্ষ। বিভিন্ন ধাতুর কয়েকটি সালফেট লবণের দ্রবণ একসঙ্গে মিশাইয়া বাষ্পায়িত করিয়া কেলাসিত করিলে দ্বৈত সালফেট লবণ বা অ্যালাম তৈরী হয়। এই লবণগুলি দেখিতে ক্রিস্ট্যাল আকৃতির। এই সমস্ত লবণে বিভিন্ন ধাতুর সালফেট অণুগুলি সমান সংখ্যায়-সমাবিষ্ট থাকে এবং সেই বাণিজ্যিক লবণের সঙ্গে 24 কণা কেলাস জল (H_2O) থাকে।

অ্যালামের বাণিজ্যিক প্রস্তুতি ঃ পাথুরে অ্যালাম (alum shell), অ্যালুনাইট (alunite) বা বক্সাইট (bauxite) হইতে অ্যালাম তৈরী করা হয়।

(i) পাথুরে অ্যালাম বা অ্যালাম শেল অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট [$Al_2(SiO_3)_3$] ও আয়রন পিরাইটিসের (FeS) মিশ্রণ। ইহা উত্তাপ দ্বারা বায়ুতে জারিত করিলে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট [$Al_2(SO_4)_3$] তৈরী হয়। এই জারিত পাথুরে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট [$Al_2(SO_4)_3$] জলে দ্রবীভূত করিয়া ইহার সঙ্গে সমআণবিক ওজনে পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্র দ্রবণ পরিস্রুত করিয়া ঘন করিলে পটাশ অ্যালাম দানা উৎপন্ন হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা : $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

(ii) প্রাকৃতিক অ্যালুনাইটের ফর্মুলা $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 4Al(OH)_3$; ইহা বায়ুতে উত্তপ্ত করিয়া জারিত করিতে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$] অদ্রবণীয় অক্সাইডে (Al_2O_3) পরিণত হয়। এই জারিত অ্যালুনাইট জলে মিশাইয়া পরিস্রুত করিয়া জলীয় দ্রবণ ঘন করিলে অ্যালাম বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে।

(iii) বক্সাইট ($Al_2O_3, 2H_2O$) ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড একত্র মিশ্রিত ও উত্তপ্ত করিয়া উহার মধ্যে সম আণবিক (equimolecular) পরিমাণে পটাসিয়াম সালফেট মিশাইয়া মিশ্র দ্রবণকে পরিস্রুত করা হয় এবং পরিস্রুত দ্রবণ ঘন করিয়া অ্যালাম দানা উৎপাদন করা হয়।

বিভিন্ন অ্যালাম ঃ আগে শুধু পটাসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের এরূপ মিশ্রিত লবণকেই **সাধারণ অ্যালাম বা ফটকিরি** বলা হইত। সম-আণবিক পরিমাণে পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণ

একসঙ্গে মিশাইয়া বাষ্পীভূত করিলেই স্ফটিক জল সহ অ্যালাম দানা তৈরী করা যায়। এখন অন্যান্য ধাতু বা ধাতুজাতীয় মূলকের যুগ্ম লবণ মাত্রেই অ্যালাম বা ফটকিরি নামে পরিচিত। যথা:

পটাশ অ্যালাম—$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

অ্যামোন-ফেরিক অ্যালাম—$(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$

অ্যামোন-অ্যালাম—$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

ক্রোম অ্যালাম—$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$

অ্যালামের ব্যবহার (Uses of alum): পটাশ অ্যালাম জল পরিষ্কার করার ও সূতিবস্ত্র রঙ করার কাজে এবং কাগজ ও ওয়াটার প্রুফ শিল্পে ব্যবহার করা হয়। অ্যালাম তরল রক্ত জমাইয়া ফেলিতে পারে বলিয়া দাড়ি কামাইবার সময় ইহা ব্যবহার করা হয়। অগ্নি নির্বাপকরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন

1. চেম্বার বা সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈরী করার নীতি বর্ণনা কর। (তৈরী করার যান্ত্রিক সরঞ্জামের চিত্র অঙ্কনের প্রয়োজন নাই)। উদ্ভূত রাসায়নিক বিক্রিয়া সমূহের ব্যাখ্যা কর।
[H. S. Exam. 1960 (comp.) ; 1961 ; 1965]

2. সালফিউরিক অ্যাসিড যে একটি নিরুদক বা প্রবল জল শোষক তাহা পরীক্ষা দ্বারা কি প্রকারে দেখাইবে? অ্যালাম বা ফটকিরির সাধারণ ফর্মুলা লিখ। সাধারণ অ্যালাম কি পদার্থ? [H. S. Exam. 1961]

3. সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম এবং ব্যবহার বিবৃত কর।
[H. S. Exam. 1961]

4. সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করার প্রধান প্রধান শর্ত কি (শর্তের কারণ বর্ণনার প্রয়োজন নাই)? কি প্রকারে এই সালফার ট্রাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়? কি প্রকারে এবং কি কি শর্তে সালফিউরিক অ্যাসিড (*a*) কপার অর্থাৎ তামার এবং (*b* অক্জ্যালিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটায়? এমন দুইটি গ্যাসের নাম উল্লেখ কর যাহাদের সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা নিরুদিত করা যায় না এবং উহার কারণ বিবৃত কর। [H. S. Exam. (Comp.) 1963]

5. রসায়নাগারে কি প্রণালীতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর। এই অ্যাসিড কি প্রকারে বিশোধিত করা হয়? সালফিউরিক অ্যাসিডের তিনটি প্রধান প্রধান ধর্মের সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।
[H. S. Exam. 1968]

6. সালফিউরিক অ্যাসিডে (*a*) সালফার, (*b*) অক্সিজেন এবং (c) হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ কর।

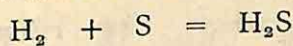
হাইড্রোজেন সালফাইড

প্রাপ্তি ও পরিচয়ঃ পচা ডিম যে দুর্গন্ধময় গ্যাসটি ছড়ায় তাহাই হাইড্রোজেন সালফাইড। সালফারের এই যৌগটি স্বাভাবিক অবস্থায় গ্যাস এবং এই গ্যাসের সঙ্গে মধ্যযুগে অ্যালকেমিষ্টদেরও পরিচয় ছিল। কিন্তু গ্যাসটির যথার্থ পরিচয় দেন বিজ্ঞানী শিলি। তিনি প্রথম প্রমাণ করেন যে এই গ্যাসটি সালফার ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগ। এই গ্যাসটি আগ্নেয়গিরির ধোঁয়ায় এবং অনেক প্রস্রবণের জলেও পাওয়া যায়। ডিম এবং অনেক ধরনের উদ্ভিদ ও জীবদেহ পচিলেও এই দুর্গন্ধময় গ্যাসটি তৈরী হয়।

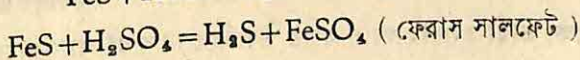
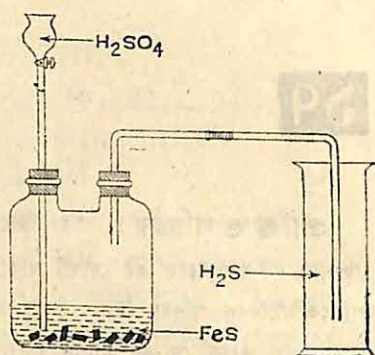
এই যৌগটি হাইড্রোজেন সালফাইড, সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বা হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড—এই তিনটি নামেই পরিচিত। ইহার ফর্মূলা H_2S এবং আণবিক ওজন $2 \times 1 + 32 = 34$ এবং বাষ্প ঘনত্ব 17 (H=1)।

হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রস্তুতি (Preparation of H_2S)

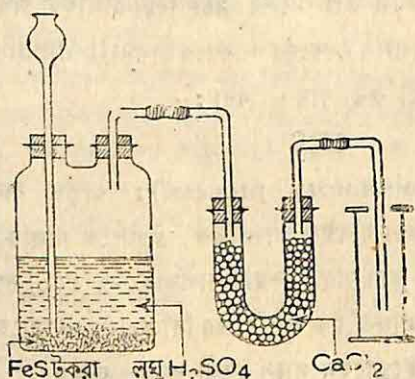
1. **সংশ্লেষণী পন্থা** (Synthetic method): উত্তাপের প্রভাবে হাইড্রোজেন ও সালফারকে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড তৈরী করা যায়। কিন্তু এরূপ বিক্রিয়া ঘটে খুব ধীরে ধীরে। তাই, হাইড্রোজেন ও সালফার বাষ্প ঝামা পাথর-ভরা লাল-তপ্ত নলের মধ্য দিয়া চালাইয়া অথবা ফুটন্ত সালফারের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে চালনা (bubbling) করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড তৈরী করা যায়। যথা:

$$H_2 + S = H_2S$$

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process): ধাতুর সালফাইডের সঙ্গে লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটাইয়া স্বাভাবিক তাপাংকে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাসটি তৈয়ার করা যায়। ফেরাস সালফাইডের (FeS) সঙ্গে ঠাণ্ডা ও লঘু হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড তথা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। যথা:

$$FeS + 2HCl = H_2S + FeCl_2$$ (ফেরাস ক্লোরাইড)

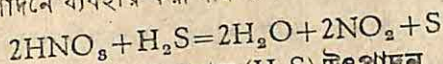
$$FeS + H_2SO_4 = H_2S + FeSO_4$$ (ফেরাস সালফেট)

প্রস্তুতি : দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নল ফিট করা একটি উল্ফ বোতল লও। নির্গম-নলের মাথাটি একটি ঊর্ধ্বমুখ গ্যাসজারের মধ্যে রাখ। উল্ফ-বোতলের মধ্যে কিছু ফেরাস সালফাইড লও এবং তাহার মধ্যে দীর্ঘনলের মাধ্যমে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। লক্ষ্য রাখ যে দীর্ঘনলটি যেন বোতলের তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। অ্যাসিড ও সালফাইডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবে।

হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

এই গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া গ্যাসজারের বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। গ্যাসের দুর্গন্ধেই ইহার অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

শুষ্ক গ্যাস প্রস্তুতি : একটি উল্ফ বোতলের একমুখে দীর্ঘনল ফানেল ও অপরমুখে নির্গম-নল লাগাইয়া নির্গম-নলটি শুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নলের সহিত যুক্ত করিতে হয়। U-নলের অপর প্রান্তের নির্গম-নল একটি ঊর্ধ্বমুখী গ্যাসজারের মধ্যে ডুবাইয়া রাখিতে হয়। উল্ফ বোতলে কতকগুলি ফেরাস সালফাইডের টুকরা রাখিয়া যন্ত্র সাজাইয়া অতঃপর ফানেলের মধ্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিবামাত্রই হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস উৎপন্ন হইবে। এই গ্যাসে কিছু হাইড্রোজেন এবং কিছু জলীয় বাষ্প থাকে। জলীয় বাষ্প শুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড কর্তৃক সাধারণ ভাবে আর্দ্রহীন হইবে।

শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি

U-নলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড দ্বারা আর্দ্রতা শোষণ করিয়া লওয়াই শুষ্ক গ্যাস পাইবার উৎকৃষ্ট পন্থা। বায়ু অপেক্ষা ভারী হওয়ায় গ্যাস বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে জমিবে।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : সদ্য উৎপন্ন গ্যাস (H_2S) নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করিয়া সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে বলিয়া এই অ্যাসিড (HNO_3) হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপাদনে ব্যবহার করা যায় না।

$$2HNO_3+H_2S=2H_2O+2NO_2+S$$

কিপযন্ত্রে গ্যাস (H_2S) উৎপাদন

(Preparation of H_2S in Kipp's apparatus)

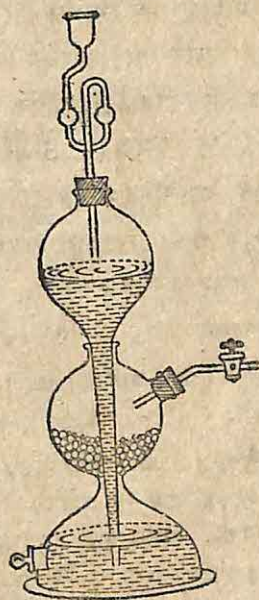
প্রয়োজনানুরূপ (ready supply) এবং পর্যাপ্ত পরিমাণ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাইতে হইলে কিপ্ যন্ত্রে উৎপাদন করা হয়।

কিপস্ অ্যাপারেটাস তিনটি গোলকে সংযুক্ত এক গ্যাস উৎপাদক কাচের যন্ত্র। দ্বিতীয় ও তৃতীয় গোলক পরস্পরে যুক্ত। প্রথম গোলকটি স্বতন্ত্র এবং গোলকটির তলদেশে একটি দীর্ঘ-নল বর্তমান। প্রথম গোলকটির এই দীর্ঘ-নলটি তৃতীয় গোলকের তলা পর্যন্ত প্রলম্বিত থাকে।

দ্বিতীয় গোলকে গ্যাস তৈরী করা হয় এবং এই গোলকে একটি ছিপি ও নির্গম-নল ফিট করা থাকে। এই গোলকে ভরা হয় ফেরাস সালফাইড (FeS)।

কিপ-যন্ত্র

প্রথম গোলকের দীর্ঘ-নলের ভিতর দিয়া তৃতীয় গোলকে লঘু সালফিউরিক্ বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। এই অ্যাসিড তৃতীয় গোলক পূর্ণ করিয়া দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করার সঙ্গে সঙ্গে অ্যাসিডের সঙ্গে ফেরাস সালফাইডের সংযোগের ফলে বিক্রিয়া ঘটে এবং সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

সদ্য উৎপন্ন এই গ্যাস ছিপির মাধ্যমে নির্গম-নল দ্বারা বাহির হইয়া যায় এবং এই গ্যাস রসায়নাগারের পরীক্ষাদির কাজে ব্যবহার করা হয়। মধ্যম গোলকের ছিপি বন্ধ করিলে গ্যাস নির্গমন বন্ধ হওয়ার ফলে সঞ্চিত গ্যাস দ্বিতীয় গোলকের অ্যাসিডের উপরে চাপ দেয়। ফলে অ্যাসিড তৃতীয় গোলকে

নামিয়া যায় এবং দীর্ঘ নলের ভিতর দিয়া উপরে উঠিয়া ইহা প্রথম গোলকেও আংশিকভাবে সঞ্চিত হয়। দ্বিতীয় গোলকে ফেরাস সালফাইড ও অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হওয়ার জন্য গ্যাস উৎপাদনও সঙ্গে সঙ্গে বন্ধ হইয়া যায়।

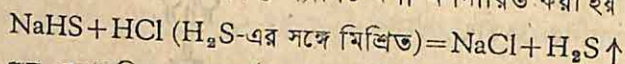
আবার মধ্যম গোলকের ছিপি খুলিয়া দিলে সঞ্চিত গ্যাস নির্গত হইয়া যায় এবং গ্যাসের চাপ হ্রাস হওয়ার ফলে তৃতীয় গোলক হইতে অ্যাসিড মধ্যম গোলকে উত্থিত হইয়া ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে পুনঃ সংযোগ স্থাপন করে এবং পুনরায় গ্যাস উৎপাদন বিক্রিয়া সুরু হয়।

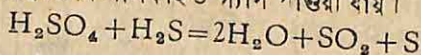
এইভাবে কিপ-যন্ত্রে মধ্যম গোলকের ছিপি খুলিয়া প্রয়োজনে গ্যাস প্রস্তুত করা যায় এবং অপ্রয়োজনে ছিপি বন্ধ করিয়া গ্যাস উৎপাদন বন্ধ করা যায়। এইভাবে গ্যাস উৎপাদনের জন্য কিপ-যন্ত্র সদা প্রস্তুত করা যায়।

[রসায়নাগারের ব্যবহারের জন্য কিপ-যন্ত্রে হাইড্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডও প্রস্তুত করা যায়। পূর্বেই তাহা বর্ণনা করা হইয়াছে।]

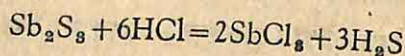
গ্যাস বিশোধন (Purification of H_2S): রসায়নাগারে প্রস্তুত হাইড্রোজেন সালফাইডে (i) উৎক্ষিপ্ত অ্যাসিড কণা, (ii) জলীয় বাষ্প এবং (iii) হাইড্রোজেন মিশ্রিত থাকে।

সোডিয়াম হাইড্রোজেন-সালফাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া সদ্য উৎপন্ন গ্যাস চালাইয়া উৎক্ষিপ্ত অ্যাসিড-কণা অপসারিত করা হয়। যথা:

$NaHS + HCl$ (H_2S-এর সঙ্গে মিশ্রিত) $= NaCl + H_2S\uparrow$

শুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ($CaCl_2$) বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের (P_2O_5) ভিতর দিয়া চালাইয়া গ্যাসের জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। শীতল কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে হাইড্রোজেন সালফাইড তরল করিলে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইয়া যায়। এই তরল (H_2S) হইতে স্বাভাবিক তাপাংকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া যায়।

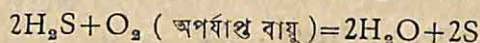
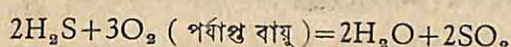
যথা: $$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$

দ্রষ্টব্য: ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালাইয়া হাইড্রোজেন সালফাইডের সঙ্গে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প অপসারিত করা যায় না। কারণ, হাইড্রোজেন সালফাইড ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করে।

[অ্যাণ্টিমনি সালফাইডের সহিত ঘন হাইড্রোক্লোরিকের বিক্রিয়ায়ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়।

$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$$

হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম

ভৌত ধর্ম : (i) হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন গ্যাস, (ii) এই গ্যাসের মধ্যে পচা ডিমের দুর্গন্ধ পাওয়া যায়, (iii) ইহা ঠাণ্ডা জলে দ্রবণীয় কিন্তু গরম জলে অদ্রবণীয় ; তাই, গরম জল সরাইয়া এই গ্যাস সংগ্রহ করা যায়। এই গ্যাসের জলীয় দ্রবণও দুর্গন্ধময় এবং উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে গ্যাস নির্গত হইয়া যায়, (iv) ইহা বায়ুর চেয়ে ভারী এবং ইহাকে চাপ ও হিমতায় তরল করা যায়, (v) এই গ্যাস বিষাক্ত। ইহাতে অতিরিক্ত শ্বাস গ্রহণে মাথা ধরে,—এমন কি মানুষ অজ্ঞান হইয়া পড়ে।

রাসায়নিক ধর্ম (i) দহনশীলতা (combustibility) **:** এই গ্যাস হাইড্রোজেন গ্যাসের মত নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকে। পর্যাপ্ত বায়ুতে এই বিক্রিয়ায় জলীয় বাষ্প এবং সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অপর্যাপ্ত বায়ুতে জলীয় বাষ্প ও সালফার তৈরী হয়। যথা :

$$2H_2S+3O_2 \text{ (পর্যাপ্ত বায়ু)}=2H_2O+2SO_2$$
$$2H_2S+O_2 \text{ (অপর্যাপ্ত বায়ু)}=2H_2O+2S$$

পরীক্ষা : (ক) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস-ভরা গ্যাস-জারের মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাট-কাঠি ধর। পাট-কাঠিটি নিভিয়া যাইবে কিন্তু গ্যাসটি জারের মধ্যে নীলাভ শিখায় জ্বলিতে থাকিবে।

(খ) কিপ্-যন্ত্রের নির্গম-নলের মুখে ছুঁচালো-মুখ কাচের নল লাগাইয়া গ্যাসটি জ্বালাইয়া দাও। চিমটার সাহায্যে একটি পোরসেলিন বাটি জ্বলন্ত গ্যাসের শিখায় ধর। পোরসেলিনের গায়ে কোন দাগ পড়িবে না। পাত্রটি শিখার ভিতর ছুঁচালো মুখের কাছাকাছি নাও। পাত্রের গায়ে হলুদ বর্ণের সালফার জমা হইবে।

এই গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ তপ্ত লোহার অক্সাইডের উপর দিয়া চালাইলে সালফার তৈরী হয়। যথা:—

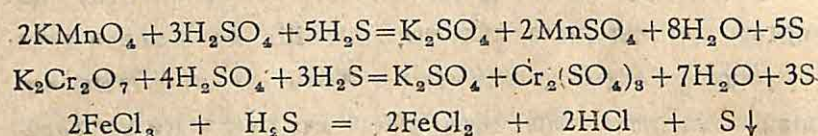
$$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$$

(ii) **বিজারণ ক্ষমতা** (Reducing property) **:** হাইড্রোজেন সালফাইড একটি বিজারক পদার্থ। তাই সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইলে—(ক) অ্যাসিড মিশ্রিত বেগুনী রঙের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায়, (খ) অ্যাসিড মিশ্রিত কমলা রঙের পটাসিয়াম বাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$) দ্রবণ সবুজ হইয়া যায় এবং (গ) হলুদ

বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) দ্রবণ বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রেই সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

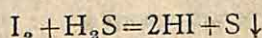
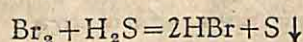
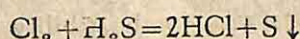
$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

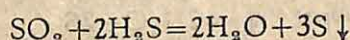
$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S\downarrow$$

(ঘ) ক্লোরিন বা ব্রোমিন জলে অথবা আয়োডিন দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালাইলে ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন বিজারিত হইয়া উহাদের অ্যাসিডে পরিণত হয় ও সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$Cl_2 + H_2S = 2HCl + S\downarrow$$

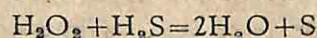
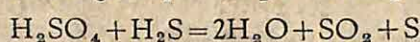
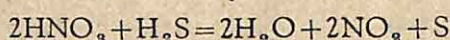
$$Br_2 + H_2S = 2HBr + S\downarrow$$

$$I_2 + H_2S = 2HI + S\downarrow$$

(ঙ) জলীয় বাষ্প সংস্পর্শে সালফার ডাই-অক্সাইডকেও ইহা বিজারিত করে। যথা :

$$SO_2 + 2H_2S = 2H_2O + 3S\downarrow$$

(চ) ইহা নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড এবং হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে বিজারিত করে।

$$2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + 2NO_2 + S$$

$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$

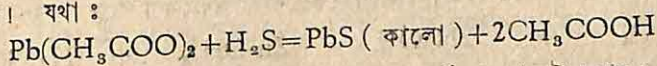
$$H_2O_2 + H_2S = 2H_2O + S$$

(ছ) তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ স্পর্শে ইহা মৌলরূপে বিচ্ছিন্ন হয়। $H_2S \rightarrow H_2 + S$

(iii) **অ্যাসিড ধর্ম** (Acidic property) : হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়। এরূপ দ্রবণে নীল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে তাহা লাল হইয়া যায়। এই অ্যাসিড মৃদু কিন্তু ইহার লবণ স্থায়ী এবং প্রকৃতিতে ইহার ধাতব লবণ পাওয়া যায় বহুল পরিমাণে। এই অ্যাসিডের লবণকে বলা হয় **সালফাইড** ($S^{=}$) ; ইহা ডাই-বেসিক অ্যাসিড হওয়ায় ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় এবং দুই প্রকার লবণ গঠন করে। যথা :

$$NaOH + H_2S = NaHS + H_2O$$

$$2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$$

হাইড্রোজেন সালফাইড সনাক্তকরণ : এই গ্যাস (H_2S) সনাক্ত করা যায় (i) এই গ্যাসে পচা ডিমের গন্ধে, (ii) লেড অ্যাসিটেট-সিক্ত কাগজ (lead acetate paper) ইহার (H_2S) সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়। যথা :

$$Pb(CH_3COO)_2 + H_2S = PbS \text{ (কালো)} + 2CH_3COOH$$

(iii) রৌপ্যমুদ্রা ইহার (H_2S-এর) সংস্পর্শে কালো হইয়া যায়।

ইহা রূপা, সীসা ও পারদের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উহাদের সালফাইড গঠন করে। তাই, রূপার চামচ উহার (H_2S) স্পর্শে কালো হইয়া যায়।

সালফাইড সনাক্তকরণ : একটি পরীক্ষানলে কঠিন ধাতব সালফাইড রাখিয়া তাহাতে লঘু HCl ঢাল। পরীক্ষা-নলে H_2S নির্গত হইবে। [$CuS + 2HCl = H_2S + CuCl_2$]। এই গ্যাসের মধ্যে (i) পচা ডিমের গন্ধ পাওয়া যায়, (ii) ইহার সংস্পর্শে লেড অ্যাসিটেট-সিক্ত কাগজ কালো হইয়া যায় এবং (iii) পরীক্ষা-নলে একটি নির্গম-নল লাগাইয়া এই গ্যাস সদ্য প্রস্তুত ক্ষার মিশ্রিত সোডিয়াম-নাইট্রো-প্রুসাইড নামক একপ্রকার বিশেষ যৌগের দ্রবণের মধ্যে চালাও। দ্রবণের রঙ বেগুনী হইয়া যাইবে।

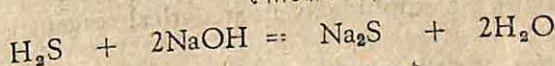
শোষক : $Pb(NO_3)_2$, NaOH এবং KOH দ্রবণ H_2S গ্যাস শোষণ করিতে সক্ষম।

সালফাইড লবণ (Sulphides)

হাইড্রো-সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2S) লবণকে বলা হয় সালফাইড। এই অ্যাসিডে আছে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু। তাই ইহা নরমেল বা শমিত-লবণ এবং বাই-লবণ গঠন করিতে পারে। যথা :

$$H_2S + NaOH = NaHS + H_2O$$

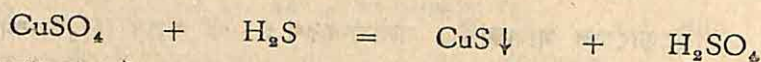
সোডিয়াম বাই-সাইফাইড

$$H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H_2O$$

সোডিয়াম সালফাইড

(i) তামা, সীসা, পারদ, আরসেনিক, টিন ইত্যাদির ধাতব লবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালাইলে ধাতুর সালফাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

$$HgCl_2 + H_2S = HgS\downarrow + 2HCl$$

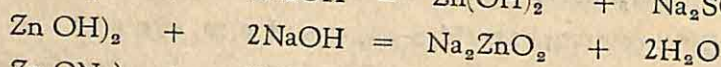
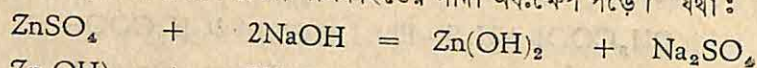
মারকিউরিক ক্লোরাইড — মারকিউরিক সালফাইড

$$CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4$$

কপার সালফেট　　　　কপার সালফাইড

(ii) জিংক লবণের ক্ষার-মিশ্রিত (alkaline) দ্রবণের [Na_2ZnO_2] মধ্যে এই গ্যাস চালাইলে ধাতব সালফাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। যথা :

$$ZnSO_4 + 2NaOH = Zn(OH)_2 + Na_2SO_4$$

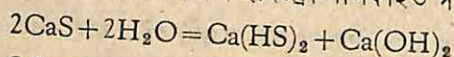
$$Zn\ OH)_2 + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

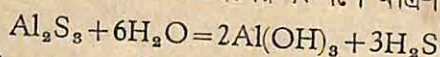
$$Zn\ ONa)_2 + H_2S = ZnS\downarrow + 2NaOH$$

সোডিয়াম জিংকেট　　　　জিংক সালফাইড

এই ধাতব সালফাইডগুলির এক একটি বিশিষ্ট রঙ বর্তমান। যথা :

কপার সালফাইড (CuS)—**কালো** ; জিংক সালফাইড (ZnS)—**সাদা** মারকিউরিক সালফাইড (HgS)—**কালো** ; আরসেনিক সালফাইড (As_2S_3) —**হলুদ** ; অ্যান্টিমনী সালফাইড (Sb_2S_3)—**কমলা** ইত্যাদি।

ক্ষার-মৃত্তিকা ধাতুর সালফাইড জলে সামান্য দ্রবণীয়। কিন্তু এরূপ সালফাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রো-সালফাইড গঠন করে। যথা :

$$2CaS + 2H_2O = Ca(HS)_2 + Ca(OH)_2$$

অ্যালুমিনিয়াম সালফাইড জলের সংস্পর্শে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। যথা :

$$Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2S$$

দ্রবণীয়তা : ক্ষারীয় সালফাইড (Na_2S, K_2S) জলে দ্রবণীয়। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম সালফাইড (CaS, MgS) জলে সামান্য দ্রবণীয়। অন্যান্য ধাতব সালফাইড জলে অদ্রবণীয়।

বিকারকরূপে হাইড্রোজেন সালফাইডের বৈশিষ্ট্য

(Hydrogen sulphide as an analytical reagent)

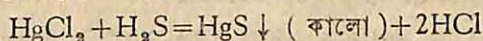
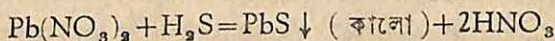
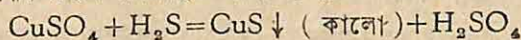
বিভিন্ন ধাতুর সালফাইড লবণের মধ্যে কতকগুলি বৈশিষ্ট্য দেখা যায়। (i) প্রত্যেক সালফাইডের এক একটি বিশিষ্ট বর্ণ। (ii) কোন কোন সালফাইড জলে, অ্যাসিডে ও ক্ষারে সমভাবে দ্রবণীয়। (ii) কোনটি শুধু অ্যাসিডে দ্রবণীয়, ক্ষারে অদ্রবণীয়। সালফাইড লবণের এরূপ ধর্ম-বৈষম্যের সুযোগ গ্রহণ করিয়া সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের সহায়তায় অজ্ঞাত ধাতব মৌলিক পদার্থকে সনাক্ত করা যায় এবং বিভিন্ন ধাতুকে পরস্পর পৃথক করা

যায়। অজ্ঞাত লবণের সনাক্তকরণ পরীক্ষায় সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনকে এক অতি মূল্যবান বিকারকরূপে ব্যবহার করা হয়।

1. **অ্যাসিডে অদ্রবণীয় সালফাইড :** কপার (Cu), লেড (Pb), মার্কারী (Hg), টিন (Sn), আরসেনিক (As) ইত্যাদির সালফাইড লবণ লঘু অ্যাসিড দ্রবণে (acidic solution) অদ্রবণীয়। তাই এই সমস্ত ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্যে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইয়া তার মধ্যে ইহা (H_2S) চালাইলে অদ্রবণীয় ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যথা :

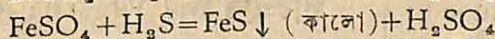
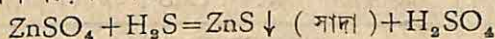
$$CuSO_4 + H_2S = CuS \downarrow \text{ (কালো) } + H_2SO_4$$

$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS \downarrow \text{ (কালো) } + 2HNO_3$$

$$HgCl_2 + H_2S = HgS \downarrow \text{ (কালো) } + 2HCl$$

মারকিউরিক সালফাইড (HgS) অধঃক্ষেপ প্রথমে সাদা, পরে হলুদ তারপরে বাদামী এবং শেষ পর্যায়ে কালো হইয়া যায়। আরসেনিক সালফাইড হলুদ বর্ণের।

2. **ক্ষারে অদ্রবণীয় সালফাইড :** আয়রন (Fe), জিংক (Zn) ইত্যাদির সালফাইড ক্ষারীয় দ্রবণে (NH_4OH—alkaline solution) অদ্রবণীয় কিন্তু অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবণীয়। তাই আয়রন বা জিংকের লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশাইয়া তার মধ্যে ইহা (H_2S) চালাইলে অদ্রবণীয় অধঃক্ষেপ পড়ে। যথা :

$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS \downarrow \text{ (সাদা) } + H_2SO_4$$

$$FeSO_4 + H_2S = FeS \downarrow \text{ (কালো) } + H_2SO_4$$

3, **জল, অ্যাসিড ও ক্ষারে দ্রবণীয় সালফাইড :** ক্ষারীয় ধাতু সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও অ্যামোনিয়ামের সালফাইড জল, অ্যাসিড বা ক্ষারে সমভাবে দ্রবণীয়। তাই, যে কোন ক্ষারীয় দ্রবণে (NaOH, KCl, Na_2CO_3) এই গ্যাস (H_2S) চালাইলে কোন অদ্রবণীয় সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় না।

অ্যাসিড ও ক্ষারে বিভিন্ন ধাতব সালফাইডের দ্রবণীয়তার সুযোগ গ্রহণ করিয়া :

(i) বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণ হইতে ধাতবমূলক তথা ধাতুকে সনাক্ত করা (indentification of metals) যায় ;

(ii) বিভিন্ন ধাতব লবণের মিশ্রণ হইতে বিভিন্ন ধাতুকে পৃথক করা (separation of metals) যায় ;

(iii) বিভিন্ন ধাতুকে কতকগুলি শ্রেণীতে ভাগ করা (classification of metals) যায় ;

ধাতব সালফাইডের উল্লিখিত বৈশিষ্ট্যের সুযোগ গ্রহণ করিয়া সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনকে রসায়নাগারের একটি মূল্যবান বিকারকরূপে ব্যবহার করা হয়।

4. **সনাক্তকরণ** (Tests) : কপার সালফাইড দেখিতে কালো, অ্যান্টিমনি সালফাইড কমলা বর্ণের, জিংক সালফাইড সাদা, আরসেনিক সালফাইড হলুদ—এই বিভিন্ন সালফাইডের বিভিন্ন বর্ণ দেখিয়া ধাতবমূলক সনাক্ত করা যায়। কপার সালফাইড ও মার্কারী সালফাইড, উভয়েই দেখিতে কালো। কপার সালফাইড তপ্ত লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় কিন্তু মার্কারী সালফাইড অদ্রবণীয়। বিভিন্ন সালফাইড পৃথক করিয়া উহাদের ধাতবমূলক সনাক্ত করা যায়।

5. **বিভিন্ন ধাতবমূলকের পৃথককরণ** : উদাহরণস্বরূপ মনে কর, কপার, জিংক ও সোডিয়ামের ক্লোরাইড লবণ একত্র করিয়া দ্রবীভূত করা হইয়াছে। এই ধাতবমূলক তিনটিকে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের (H_2S)-এর সাহায্যে পৃথক করা যায়। যথা :

$CuCl_2$, $ZnCl_2$ ও NaCl-এর মিশ্রণে লঘু HCl মিশাও এবং অ্যাসিড মিশ্রিত দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া ফুটাইয়া লও। এই তপ্ত দ্রবণে H_2S চালাও। কালো অধঃক্ষেপ পড়িবে। এই কালো অধঃক্ষেপ CuS ; ইহা ফিলটার কর।

<table>
<tr><td rowspan="2">অবশেষ (Residue) :
কালো অধঃক্ষেপ—CuS</td><td colspan="2">পরিস্রুত দ্রবণ (Filtrate) : পরিস্রুত দ্রবণ গরম করিয়া H_2S অপসারিত কর। এখন H_2S মুক্ত দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে NH_4OH মিশাও এবং এই ক্ষারীয় দ্রবণে H_2S চালাও। সাদা অধঃক্ষেপ পড়িবে। এই অধঃক্ষেপ জিংক সালফাইড। ইহা ফিলটার কর।</td></tr>
<tr><td>অবশেষ(Residue) :
সাদা অধঃক্ষেপ—ZnS</td><td>পরিস্রুত তরলে (filtrate) বাকী রহিয়াছে সোডিয়ামের লবণ।</td></tr>
</table>

6. ধাতুর শ্রেণী বিভাগ ঃ দ্রবণীয়তার সুযোগ গ্রহণ করিয়া ধাতব-মূলক বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভাগ করা হয় এবং বিভিন্ন ধাতব মূলকের রাসায়নিক বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে (qualitative chemical analysis) এই শ্রেণী বিভাগ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

(i) জলে এবং লঘু অ্যাসিডে অদ্রবণীয় ধাতুর সালফাইড—লেড, কপার, মার্কারী, টিন, অ্যান্টিমনি, আরসেনিক সালফাইড ইত্যাদি।

(ii) জলে এবং ক্ষারীয় দ্রবণে অদ্রবণীয় ধাতব সালফাইড—জিংক, ম্যাঙ্গানিজ সালফাইড ইত্যাদি।

(iii) জলে দ্রবণীয় সালফাইড—সোডিয়াম সালফাইড, পটাসিয়াম সালফাইড ইত্যাদি।

প্রশ্ন

1. কিপ্‌স্ যন্ত্রের একটি পরিষ্কার চিত্র অঙ্কন করিয়া হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে উহার ব্যবহার বুঝাইয়া দাও।

[H. S. Exam. 1960 (Comp.), '62 (Comp.), '65 (Comp.), 1967]

2. রাসায়নিক বিশ্লেষণে বিকারকরূপে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের ব্যবহার ব্যাখ্যা কর।

[H. S. Exam. 1960 (Comp.), '62 (Comp.), '63, 64 (Comp.)]

3. কিপ্‌স্ যন্ত্রে প্রস্তুত করা যায় এরূপ দুইটি গ্যাসের নাম উল্লেখ কর। বায়ু হইতে মুক্ত এই দুইটি গ্যাসের উৎপাদনের সদা-প্রস্তুতির ব্যাখ্যা কর। এই যন্ত্রে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে কি কি পদার্থ ব্যবহার করা হয়?

[H. S. Exam. 1962 (Comp.)]

4. কি প্রকারে শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড তৈরী করিয়া কতকগুলি গ্যাসজারে সংগ্রহ করিবে? রসায়নাগারে এই গ্যাস সদা-প্রস্তুতির জন্য যন্ত্রের চিত্র অঙ্কন কর। [H. S. Exam. (Comp) 1964]

5. রসায়নাগারে ব্যবহারের জন্য সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন কি প্রকারে পাওয়া যায়? কিপ যন্ত্রের একটি চিত্র অঙ্কন কর। (*a*) অক্সিজেন এবং

(*b*) সালফার ডাই-অক্সাইডের সহিত এই গ্যাস বিক্রিয়া ঘটায় কি শর্তাধীনে এবং কিসে পরিণত হয় ? [H. S. Exam. 1965. (Comp.), 1967]

ধাতব-মূলকের রাসায়নিক বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে ইহার প্রয়োগের প্রয়োজনীয়তা বিবৃত কর।

6. রসায়নাগারে ব্যবহারের জন্য কি প্রকারে শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড তৈরী করা হয় ? (*a*) ক্লোরিন, (*b*) পটাস পারম্যাঙ্গানেট, (*c*) লেড নাইট্রেট এবং (*d*) জিংক সালফেট ইত্যাদির জলীয় দ্রবণে এই গ্যাস চালাইলে কি উৎপন্ন হয় এবং দর্শনীয় কি পরিবর্তন হয়, উহার বর্ণনা কর।

[H. S. Exam. 1966]

7. কিপ যন্ত্রে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার না করিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড কেন ব্যবহৃত হয়—ব্যাখ্যা কর। [Engineering Entrance Exam. 1964]

———

১৮

সরল রাসায়নিক গণনা

বিক্রিয়ালব্ধ বিভিন্ন পদার্থের তৌলিক ও আয়তনিক গণনা পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত। কিন্তু এরূপ গণনা সরল হওয়া প্রয়োজন—ইহাও পাঠক্রমের নির্দেশ।

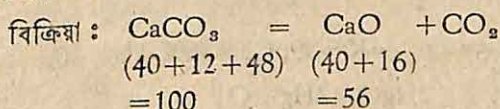
1. তৌলিক গণনা

[Calculation by weight or gravimetric calculation]

1. 200 গ্রাম মার্বেল উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম চুন পাওয়া যাইবে ?

পারমাণবিক ওজন : Ca=40, C=12, O=16

বিক্রিয়া : $CaCO_3 = CaO + CO_2$

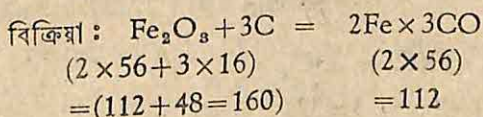
$(40+12+48) = 100$; $(40+16) = 56$

100 গ্রাম মার্বেল উত্তাপের ফলে তৈরী করে 56 গ্রাম চুন।

200 " " " " $\frac{56\times200}{100}=112$ গ্রাম চুন।

2. 10 টন হিমাটাইট বিজারিত করিয়া কত পরিমাণ লোহা পাওয়া যাইবে? হিমাটাইট যদি শতকরা 95 ভাগ বিশুদ্ধ হয় তবে লোহার পরিমাণ কত হইবে ?

পারমাণবিক ওজন : Fe=56 ; O=16

বিক্রিয়া : $Fe_2O_3+3C = 2Fe\times3CO$

$(2\times56+3\times16) = (112+48=160)$; $(2\times56) = 112$

অর্থাৎ 160 টন হিমাটাইট তৈরী করে 112 টন আয়রন

10 টন " " $\frac{112\times10}{160}$ টন আয়রন

$=7$ টন আয়রন

কিন্তু হিমাটাইট 95% বিশুদ্ধ

সুতরাং আয়রন পাওয়া যাইবে $=\frac{95}{100}\times7$ টন।

$=6{\cdot}65$ টন।

3. 10 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া কত গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

বিক্রিয়া : $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

অর্থাৎ $2KClO_3 = 2(39 + 35 \cdot 5 + 3 \times 16) = 245$

এবং $3O_2 = (3 \times 2 \times 16) = 96$

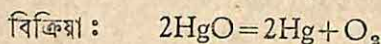
সুতরাং 245 গ্রাম $KClO_3$ তৈরী করে 96 গ্রাম অক্সিজেন

∴ 10 গ্রাম " " $\frac{96}{245} \times 10$ " "

$= 3 \cdot 92$ গ্রাম অক্সিজেন।

4. 200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড হইতে যে পরিমাণে অক্সিজেন পাওয়া যাইবে, কত পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে ঐ পরিমাণে অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

[পারমাণবিক ওজন : $= K = 39$, $Cl = 35 \cdot 5$, $Hg = 200$]

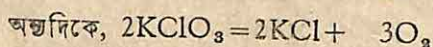
বিক্রিয়া : $2HgO = 2Hg + O_2$

$2(200 + 16)$ $\quad 16 \times 2$

$= 432$ $\quad = 32$

অর্থাৎ 432 গ্রাম HgO উৎপন্ন করে 32 গ্রাম অক্সিজেন

∴ 200 গ্রাম ··· ··· $\frac{32}{432} \times 200$ ···

$= \frac{400}{27}$ গ্রাম ···

অন্যদিকে, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

অর্থাৎ, $2(39 + 35 \cdot 5 + 48)$ $\quad 3 \times 32$

$= 245$ $\quad = 96$

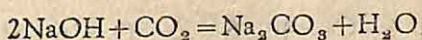
অথবা 96 গ্রাম অক্সিজেন উৎপন্ন হয় 245 গ্রাম $KClO_3$ হইতে

∴ 1 গ্রাম ··· ··· ··· $\frac{245}{96}$ ···

সুতরাং $\frac{400}{27}$ গ্রাম অক্সিজেন উৎপন্ন হয় $\frac{245 \times 400}{96 \times 27}$ গ্রাম $KClO_3$ হইতে $= 37 \cdot 8$ গ্রাম।

5. 160 গ্রাম কষ্টিক সোডাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করার জন্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া কত গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করা প্রয়োজন ?

সোডিয়াম কার্বনেট তৈরী হয় এরূপ বিক্রিয়াতে :

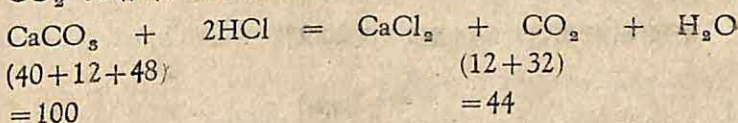
$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

অর্থাৎ এক গ্রাম অণু Na_2CO_3 তৈরী করার জন্য

$2(23+16+1) = 80$ গ্রাম NaOH এবং $(12+2\times16)$
$= 44$ গ্রাম CO_2 প্রয়োজন

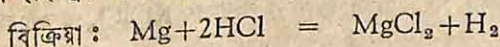
∴ 160 গ্রাম NaOH-এর প্রয়োজন

$\left(\frac{44}{80}\times160\right)$ গ্রাম CO_2

CO_2 তৈরী হয় এরূপ বিক্রিয়াতে :

$$\underset{\substack{(40+12+48)\\=100}}{CaCO_3} + 2HCl = CaCl_2 + \underset{\substack{(12+32)\\=44}}{CO_2} + H_2O$$

অর্থাৎ 44 গ্রাম CO_2 তৈরী করে 100 গ্রাম $CaCO_3$

∴ $\left(\frac{44\times160}{80}\right)$ গ্রাম··· $\frac{100}{44}\times\frac{44\times160}{80}$
$= 200$ গ্রাম $CaCO_3$

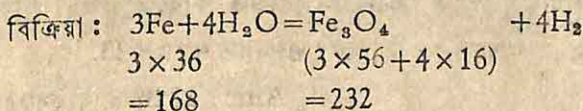
6. 10 গ্রাম HCl-এর সঙ্গে 2·4 গ্রাম Mg-এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া কত গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে ?

বিক্রিয়া : $\underset{24}{Mg} + \underset{2(1+35\cdot5)}{2HCl} = MgCl_2 + \underset{2}{H_2}$

24 গ্রাম Mg উৎপন্ন করে 2 গ্রাম H_2

∴ 2·4 " " " " $\frac{2}{24}\times2\cdot4 = \cdot2$ গ্রাম H_2.

(এখানে HCl উদ্বৃত্ত থাকে)।

7. 10 টন লোহা-চুর্ণের উপরে ষ্টীম চালিত করিয়া কত পরিমাণ লোহার অক্সাইড তৈরী করা যায় ?

বিক্রিয়া : $\underset{\substack{3\times36\\=168}}{3Fe} + 4H_2O = \underset{\substack{(3\times56+4\times16)\\=232}}{Fe_3O_4} + 4H_2$

অর্থাৎ 168 টন চূর্ণ আয়রন হইতে তৈরী হয় 232 টন আয়রন অক্সাইড
স্বতরাং 10 টন চূর্ণ আয়রন হইতে তৈরী হয় $\frac{232}{168} \times 10 = 13 \cdot 75$ টন।

8. জিপসাম উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে উহার ওজনের শতকরা পরিমাণ কত হ্রাস পাইবে ?

পারমাণবিক ওজন : $Ca=40$; $S=32$; $O=16$; $H=1$

বিক্রিয়া : $CaSO_4, 2H_2O \rightarrow 2H_2O + CaSO_4$

$$(40+32+4\times16)+(2\times2+2\times16) \rightarrow 2(2+16)$$
$$=172 \qquad\qquad =36$$

অর্থাৎ 172 গ্রাম জিপসাম 36 গ্রাম জল ত্যাগ করে

$$\therefore \; 100 \; \cdots \; \cdots \; \frac{36}{172}\times100 \;\; " \;\; "$$
$$=20 \cdot 9$$

স্বতরাং জিপসামের ওজন হ্রাস পায় 20·9%

অনুশীলনী

1. (*a*) $KClO_3$, (*b*) Mg এবং (*c*) চক—এইগুলির 1 গ্রাম করিয়া পদার্থ খুব উত্তপ্ত করিতে বলা হইল। ইহাতে কি ঘটিবে ব্যাখ্যা কর এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে অবশেষগুলির ওজনের পরিবর্তন উল্লেখ কর।

[Ans. (*a*) ·392 গ্রাম ওজন হ্রাস পাইবে, (*b*) ওজন বৃদ্ধি পাইবে 66 গ্রাম। (*c*) ওজন হ্রাস পাইবে ·44 গ্রাম।]

2. 5 গ্রাম অক্সিজেন তৈরী করিতে কত পরিমাণ $KClO_3$-র প্রয়োজন হইবে। [Ans. 12·76 গ্রাম।]

3. 100 গ্রাম চক বিয়োজিত করিতে কতটা পরিমাণ H_2SO_4-এর প্রয়োজন হইবে এবং বিক্রিয়ায় কতটা পরিমাণ ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হইবে ? [Ans. 98 গ্রাম ; 136 গ্রাম।]

4. কত ওজনের লোহা 11 গ্রাম স্টীমের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইয়া ইহার অক্সাইডে পরিণত হইবে ? [Ana. 25·6 গ্রাম।]

5. 100 গ্রাম বায়ু হইতে অক্সিজেন দূরীভূত করিতে কতটা পরিমাণ ফসফরাস লাগিবে। বায়ুতে অক্সিজেনের ওজনগত শতাংশ 23.

[Ans. 17·82 গ্রাম ফসফরাস]

6. 2·9 গ্রাম লঘু ও শীতল কষ্টিক সোডা দ্রবণের ভিতর দিয়া ক্লোরিন চালিত করিলে মুখ্য উৎপন্ন পদার্থের ওজন কত হইবে তাহা গণনা কর।

[C. U. 1915] [Ans. 2·7 গ্রাম NaOCl, NaCl, 2·120 গ্রাম]

7. 8 গ্রাম ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড অতিরিক্ত HCl-এর সহিত উত্তপ্ত করিয়া নির্গত গ্যাস KI দ্রবণের মধ্যে চালান হইল। উৎপন্ন আয়োডিনের ওজন নির্ণয় কর।

Molecular wt. of $MnO_2 = 55 + 2 \times 16 = 87$.

$$\underset{87}{MnO_2} + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + \underset{71}{Cl_2}$$

$$2KI + \underset{71}{Cl_2} = 2KCl + \underset{2 \times 127}{I_2}$$

∴ 8 গ্রাম MnO_2 উৎপন্ন করে $71 \times 8/37$ বা 6·528 গ্রাম Cl_2 এবং 6·528 গ্রাম Cl_2 উৎপন্ন করে $127 \times 6{\cdot}528/35{\cdot}5 = 23{\cdot}35$ গ্রাম I_2

[Ans. 23·35 গ্রাম আয়োডিন।]

8. $CaCO_3$ ও $MgCO_3$-এর মিশ্রণ অতি উত্তপ্ত করা হইল, যতক্ষণ পর্যন্ত না অবশেষ ওজনে স্থির হয়। অবশেষের ওজন দাঁড়ায় 0·96 গ্রাম। মিশ্রণের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর।

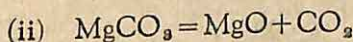
মনে কর, $CaCO_3$-এর ওজন $= x$ গ্রাম

সুতরাং $MgCO_3$-এর ওজন $= (1{\cdot}84 - x)$ গ্রাম

(i) $\underset{100}{CaCO_3} = \underset{56}{CaO} + CO_2$

অর্থাৎ 100 গ্রাম $CaCO_3$ তৈরী করে 56 গ্রাম CaO

$\therefore\ x \ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \dfrac{56 \times x}{100} \dots$

(ii) $\underset{84}{MgCO_3} = \underset{40}{MgO} + CO_2$

অর্থাৎ, 84 গ্রাম $MgCO_3$ তৈরী করে 40 গ্রাম MgO

$\therefore\ (1{\cdot}84 - x) \cdots\cdots \dfrac{40 \times (1{\cdot}84 - x)}{84}$ গ্রাম MgO

অবশেষ $= (CaO + MgO) = {\cdot}96$

সুতরাং $\frac{56x}{100}+\frac{40\times(1\cdot84-x)}{84}=\cdot96 \quad \therefore \quad x=1$

সুতরাং $CaCO_3=\frac{1\times100}{1\cdot84}=53\cdot3\%$

এবং $MgCO_3=\frac{\cdot84\times100}{1\cdot84}=46\cdot7\%$

9. 0·9031 গ্রাম NaCl এবং KCl মিশ্রণ ঘন H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে 1·0784 গ্রাম সালফেট-এর মিশ্রণ পাওয়া যায়। মিশ্রণের শতকরা সংযুক্তি বাহির কর। [Ans. NaCl=54·7%, KCl=45·3%]

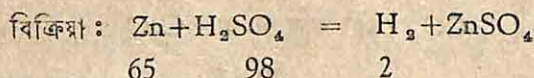
10. সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত শতকরা 89·5 ভাগ বিশুদ্ধ $NaNO_3$ বিক্রিয়ায় শতকরা 65·3 ভাগের 50 টন নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরী করিতে কত টন সোডিয়াম নাইট্রেট লাগিবে? [Ans. 49·2 টন]

11. শতকরা 85 ভাগ C, 5 ভাগ H, এবং 10 ভাগ O নমুনার কয়লাকে CO_2 বিহীন শুষ্ক বায়ুতে সম্পূর্ণ পোড়ান হইল এবং উপজাত পদার্থ পর পর দুইটি নির্দিষ্ট ওজনের $CaCl_2$ ও সোডা লাইম ভর্তি U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করান হইল। নলের ওজনের কোন পরিবর্তন হইলে তাহা নির্ণয় কর।
[Ans. $CaCl_2$-এর ওজন বৃদ্ধি=0·675 গ্রাম এবং সোডা-লাইমের ওজন বৃদ্ধি=4·675 গ্রাম।

12. 1·2 গ্রাম 25 c.c. H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় 0·2 গ্রাম জিংক অবিকৃত থাকে। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের পরিমাণ এবং H_2SO_4 অ্যাসিডের তীব্রতা নির্ণয় কর।

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত জিংকের পরিমাণ=(1·2 − 0·2)=1·0 গ্রাম

বিক্রিয়া : $Zn+H_2SO_4 = H_2+ZnSO_4$

65 98 2

(i) 1 গ্রাম জিংক উৎপন্ন করে 2/65=·0307 গ্রাম H_2

(ii) 1 গ্রাম জিংকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে $\frac{98}{65}\times1=1\cdot5$ গ্রাম H_2SO_4

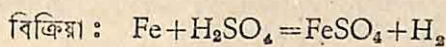
সুতরাং 25 c.c. H_2SO_4 এ আছে 1·5 গ্রাম H_2SO_4

$\therefore$ 100 c.c. H_2SO_4 এ আছে $\frac{1\cdot5}{25}\times100=6\cdot0$ গ্রাম H_2SO_4

অর্থাৎ H_2SO_4 এর তীব্রতা=6·0%

13. 49 গ্রাম H_2SO_4 30 গ্রাম আয়রনের সহিত ক্রিয়ান্বিত হইলে কত পরিমাণে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে এবং কতটা পরিমাণ আয়রন অবিকৃত থাকিবে?

বিক্রিয়া : $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$

56 98 2

98 গ্রাম H_2SO_4 উৎপাদনে প্রয়োজন 56 গ্রাম Fe

$\therefore$ 49··· ··· ··· ··· 28 গ্রাম Fe

(i) সুতরাং অবিকৃত আয়রনের পরিমাণ $= (30 - 28) = 2$ গ্রাম

(ii) 98 গ্রাম H_2SO_4 উৎপন্ন করে 2 গ্রাম H_2

$\therefore$ 49 গ্রাম ··· ···1 গ্রাম H_2

14. 1·50 আপেক্ষিক গুরুত্বের শতকরা 50 ভাগ HNO_3-র সহিত 15·9 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডের বিক্রিয়ায় আনুমানিক কতটা পরিমাণ HNO_3 লাগিবে?

বিক্রিয়া : $CuO + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + H_2O$

79·5 2×63

$\therefore$ 15·9 গ্রাম CuO ক্রিয়ান্বিত করে $= \dfrac{2 \times 63}{79{\cdot}5} \times 15{\cdot}9$

$= \dfrac{2 \times 63}{5}$ গ্রাম HNO_3

50 গ্রাম HNO_3 আছে 100 সি.সি. HNO_3 এ

$\therefore$ $\dfrac{2 \times 63}{5}$ ··· ···$\left(\dfrac{100 \times 2 \times 63}{50 \times 5}\right)$ সি.সি. HNO_3-এ

সুতরাং ব্যবহৃত HNO_3 অ্যাসিডের ওজন হইবে

$$= \frac{100 \times 2 \times 63 \times 1{\cdot}50}{50 \times 5} = 75{\cdot}6 \text{ গ্রাম।}$$

15. 8·5 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে কপারে সম্পূর্ণ বিজারিত করিতে যে পরিমাণ হাইড্রোজেনের প্রয়োজন তাহা পাইতে কত ওজনের জিংক ও সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিবে?

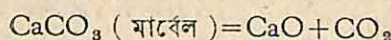
[Ans : Zn 6·99 গ্রাম, : অ্যাসিড 10·47 গ্রাম.]

2. তৌল ও আয়তনের মিশ্র গণনা

[Mixed calculation on weight and volume]

1. 10 লিটার CO_2 তৈরী করার জন্য কত গ্রাম বিশুদ্ধ মার্বেল প্রয়োজন?

[Ca=40, C=12 ; O=16]

$CaCO_3$ (মার্বেল) $= CaO + CO_2$

$40+12+3\times16 \qquad 12+2\times16$

অর্থাৎ 100 গ্রাম $CaCO_3$ উৎপন্ন করে 44 গ্রাম CO_2

44 গ্রাম CO_2 এক গ্রাম-অণু পরিমাণ ওজনের সমান ;

সুতরাং 44 গ্রাম CO_2 উৎপন্ন করে 22·4 লিটার (N. T. P. তে)

অর্থাৎ 22·4 লিটার CO_2 তৈরী করে 100 গ্রাম $CaCO_3$

10 লিটার ··· $\cdots\frac{100}{22\cdot4}\times10=44\cdot6$ গ্রাম মার্বেল।

2. 100° সে. উষ্ণতায় ও 746 মিমি. চাপে 10 লিটার CO_2-এর ওজন কত হইবে?

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

$P_1=746 \qquad P_2=760$

$V_1=10 \qquad V_2=?$

$T_1=100+273=373 \qquad T_2=0+273=273$

$$\frac{10\times746}{373}=\frac{760\times V_2}{273}$$

$$\therefore\ V_2=\frac{10\times746\times273}{373\times760}=7\cdot18 \text{ লিটার}$$

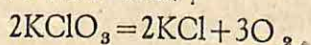
অর্থাৎ N. T. P.-তে $CO_2=7\cdot18$ লিটার।

N. T. P.-তে 44 (গ্রাম অণু) CO_2-এর আয়তন $=22\cdot4$ লিটার

অথবা 22·4 লিটার CO_2-এর ওজন 44 গ্রাম

$\therefore$ 7·18 লিটার ··· $\cdots\frac{44}{22\cdot4}\times7\cdot18=14\cdot1$ গ্রাম।

3. 10 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়া প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যাইবে?

$$2KClO_3=2KCl+3O_2$$

2 গ্রাম-অণু $KClO_3$ তৈরী করে 3 গ্রাম-অণু-O_2

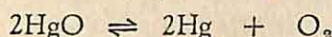
$\therefore$ 1 গ্রাম-অণু $KClO_3$ তৈরী করে $\frac{3}{2}$ গ্রাম-অণু O_2

1 গ্রাম-অণু $KClO_3 = (39 + 35 \cdot 6 + 48) = 122 \cdot 6$ গ্রাম

সুতরাং N.T.P.-তে 122·6 গ্রাম $KClO_3$ উৎপন্ন করে $\frac{3}{2} \times 22 \cdot 4$ লিটার O_2

$\therefore$ 10 গ্রাম $KClO_3$ উৎপন্ন করে $\frac{3 \times 22 \cdot 4 \times 10}{2 \times 122 \cdot 6} = 2 \cdot 24$ লিটার O_2

4. 10 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তনের অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

$$2HgO \rightleftharpoons 2Hg + O_2$$

$2\,(200 + 16)$ 32

432 22·4 লিটার O_2

অর্থাৎ 432 গ্রাম HgO N.T.P.-তে উৎপন্ন করে 22·4 লিটার O_2

$\therefore$ 10 গ্রাম ... ... $\frac{22 \cdot 4 \times 10}{432}$

$= 0 \cdot 5184$ লিটার O_2

5. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে 13 গ্রাম জিংক দ্রবীভূত করিয়া প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কত আয়তন হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে ?

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

65 গ্রাম ... ... 2 গ্রাম

2 গ্রাম = এক গ্রাম-অণু $H_2 = 22 \cdot 4$ লিটার (N.T.P.)

সুতরাং 65 গ্রাম Zn N.T.P.-তে উৎপন্ন করে 22·4 লিটার H_2

$\therefore$ 13 ... ... $\frac{22 \cdot 4}{65} \times 13$

$= 4 \cdot 48$ লিটার H_2

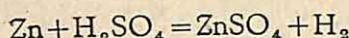
6. 27° সে. উষ্ণতা ও 750 মিমি. চাপে 10 লিটার হাইড্রোজেন তৈরী করার জন্য কত গ্রাম জিংক লঘু H_2SO_4-এর মধ্যে দ্রবীভূত করিতে হইবে ?

27°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে 10 লিটার H_2 N.T.P.-তে কত ?

আমরা জানি $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_0V_0}{T_0}$

$$\frac{10 \times 750}{273 \times 27} = \frac{V_0 \times 760}{273}$$

$\therefore V_0 = \frac{10 \times 750 \times 273}{300 \times 760}$ লিটার

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

অর্থাৎ, 65 গ্রাম Zn (N. T. P.-তে) উৎপন্ন করে 22·4 লিটার H_2

∴ 1 লিটার (N. T. P.-তে) H_2 তৈরী করার জন্য প্রয়োজন

$$\frac{65}{22 \cdot 4} \text{ গ্রাম জিংক}$$

সুতরাং V_0 লিটার (N. T. P.) H_2 তৈরী করার জন্য

$$\text{প্রয়োজন } \frac{65}{22 \cdot 4} \times V_0$$

$$= \frac{65 \times 10 \times 750 \times 273}{22 \cdot 4 \times 300 \times 760} \text{ গ্রাম Zn}$$

$$= 26 \cdot 06 \text{ গ্রাম Zn.}$$

7. 1000 লিটার আয়তনের একটি বেলুন 27° সে. উষ্ণতা ও 750 মিমি. চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস ভর্তি করার জন্য ন্যূনতম কত পরিমাণ লোহা প্রয়োজন?

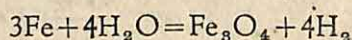
27° সে. উষ্ণতায় এবং 750 মিমি. চাপে প্রাপ্ত 1000 লিটার গ্যাস প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন লাভ করিবে :

$$\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_0 P_0}{T_0}$$

$$\text{অথবা, } \frac{1000 \times 750}{273 + 27} = \frac{V_0 \times 760}{273}$$

$$\therefore V_0 = \frac{1000 \times 750 \times 273}{300 \times 760} = \frac{750 \times 91}{76}$$

H_2 তৈরী করার বিক্রিয়া :

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

$$3 \times 56 \qquad\qquad 4 \times 22 \cdot 4 \text{ লিটার}$$

অর্থাৎ N. T. P.-তে 4 × 22·4 লিটার H_2 তৈরী হয় (3 × 56) গ্রাম Fe দ্বারা

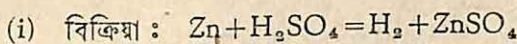
$$\therefore \quad 1 \text{ লিটার} \quad \cdots \quad \cdots \quad \frac{3 \times 56}{4 \times 22 \cdot 4} \text{ গ্রাম Fe দ্বারা}$$

$$\frac{750 \times 91}{76} \text{ লিটার } H_2 \text{ তৈরী হয় } \frac{3 \times 56}{4 \times 22 \cdot 4} \times \frac{750 \times 91}{76}$$

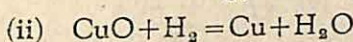
$$= 1686 \text{ গ্রাম Fe দ্বারা।}$$

8. 10 গ্রাম জিংকের মধ্যে H_2SO_4 ঢালিয়া যে H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা 50 গ্রাম বিশুদ্ধ, শুষ্ক ও প্রজ্বলিত (তপ্ত) কপার অক্সাইডের উপরে

চালানো হয়। বিক্রিয়ার অবশেষের ওজন বাহির কর এবং 100°সে. ও 76 সেমি. চাপে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন নির্ণয় কর।

(i) বিক্রিয়া : $Zn+H_2SO_4=H_2+ZnSO_4$

65 গ্রাম Zn উৎপন্ন করে 2 গ্রাম H_2

∴ 10 গ্রাম ··· $\frac{2}{65}\times10=\frac{4}{13}$ গ্রাম H_2

(ii) $CuO+H_2=Cu+H_2O$

2 গ্রাম H_2 যুক্ত হইতে পারে 16 গ্রাম O_2-এর সঙ্গে

$\frac{4}{13}$ ··· ··· $\frac{16}{2}\times\frac{4}{13}$ ···

$=\frac{32}{13}$ গ্রাম O_2 ···

∴ CuO-এর অবশেষ থাকিবে

$(50-\frac{32}{13})7{\cdot}54=4$ গ্রাম।

আবার, $2H_2+O_2=2H_2O$—এই সমীকরণ হইতে জানা যায় যে N. T. P.-তে (2×2) গ্রাম H_2 উৎপন্ন করে $2\times22{\cdot}4$ লিটার বাষ্প।

∴ $\frac{4}{13}$ গ্রাম H_2···$\frac{2\times22{\cdot}4}{2\times2}\times\frac{4}{13}$···

সুতরাং এই গ্যাসের পরিমাণ 100°C এবং 76 সেমি. চাপে দাঁড়াইবে

$$\frac{V\times76}{273+100}=\frac{22{\cdot}4\times2}{13}\times\frac{76}{273}$$

$$\therefore\ V=\frac{22{\cdot}4\times2\times76\times373}{13\times273\times76}=4{\cdot}71 \text{ লিটার।}$$

9. বায়ুর ওজনের 23 শতাংশ অক্সিজেন। 30° সে, উষ্ণতায় ও 755 মি. মি. চাপে 100 লিটার বায়ুর অক্সিজেনকে সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত করার জন্য কত গ্রাম সালফার প্রয়োজন?

30°C উষ্ণতায় ও 755 মি. মি. চাপে 100 লিটার বায়ু N. T. P.-তে যদি V_o আয়তন হয়, তবে

$$\frac{V_o\times760}{273}=\frac{100\times755}{273+30}$$

$$\therefore\ V_o=\frac{100\times755\times273}{303\times760} \text{ লিটার}$$

বায়ুর ঘনত্ব $=14{\cdot}4$

এবং N.T.P.-তে 1 লিটার H_2-এর ওজন $=0\cdot09$ গ্রাম

স্থতরাং V_0 লিটার বায়ুর ওজন হইবে :

$$\frac{100 \times 755 \times 273}{303 \times 760} \times 0\cdot09 \times 14\cdot4 \text{ গ্রাম} = 116\cdot0 \text{ গ্রাম।}$$

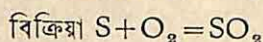
আমরা জানি, 100 গ্রাম বায়ুতে আছে 23 গ্রাম O_2

$\therefore$ 116... ... $\frac{23}{100} \times 116 = 26\cdot68$ গ্রাম O_2

$S + O_2 = SO_2$—এই বিক্রিয়া অনুযায়ী 32 গ্রাম S পোড়াইবার জন্য প্রয়োজন 32 গ্রাম O_2

$\therefore$ $26\cdot68$ গ্রাম O_2-এর প্রয়োজন $\frac{32}{32} \times 26\cdot68 = 26\cdot68$ গ্রাম S.

10. 20° সে. উষ্ণতায় ও 780 মি. মি. চাপে 1 গ্রাম সালফার সম্পূর্ণভাবে পোড়াইবার জন্য কত আয়তন বায়ু প্রয়োজন? বায়ুতে অক্সিজেন আয়তন হিসাবে আছে 20·8 শতাংশ।

বিক্রিয়া $S + O_2 = SO_2$

এই বিক্রিয়া হইতে জানা যায় যে 32 গ্রাম S পোড়াইবার জন্য 32 গ্রাম O_2 দরকার এবং 32 গ্রাম O_2 N.T.P.-তে 22·4 লিটার।

স্থতরাং N. T. P.-তে 32 গ্রাম S পোড়াইবার জন্য 22·4 লিটার O_2 দরকার

$\therefore$ ... 1 গ্রাম S ... $\frac{22\cdot4}{32}$ লিটার ... ...

20°C তাপে ও 780 মি. মি. চাপে এই আয়তন যদি V আয়তনে পরিণত হয় তবে, $\frac{V \times 780}{293} = \frac{22\cdot4}{32} \times \frac{760}{273}$

$$\therefore \quad V = \frac{22\cdot4 \times 760 \times 293}{780 \times 32 \times 273} \text{ লিটার } O_2$$

100 লিটার বায়ুতে 20·8 লিটার O_2

$\therefore$ V লিটার O_2 পাওয়া যাইবে $\frac{100}{20\cdot8} \times V$ লিটার বায়ুতে

স্থতরাং বায়ুর আয়তন

$$\frac{100}{20\cdot8} \times \frac{22\cdot4 \times 760 \times 293}{780 \times 32 \times 273} = 3\cdot52 \text{ লিটার।}$$

11. 0·0321 গ্রাম অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 13° সে. ও 761 মি. মি. চাপে 39·3 সি. সি. আর্দ্র H_2 উৎপন্ন করে। এই ধাতুর সঙ্গে

ময়লা হিসাবে অ্যালুমিনা বর্তমান। ধাতু কত শতাংশে বিশুদ্ধ তাহা নির্ণয় কর। জলীয় বাষ্পের চাপ 13° সে. উষ্ণতায় = 11 মি.মি.।

N.T.P.-তে H_2-এর আয়তন হইবে

$$\frac{V \times 760}{273} = \frac{39{\cdot}3 \times (761-11)}{(273+13)}$$

[∵ শুষ্ক H_2-এর চাপ = (761 − 11) মিমি.]

অথবা V = 37 সি.সি.

বিক্রিয়া : $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

2 × 27 (3 × 22·4) লিটার

(3 × 22·4) লিটার H_2 N.T.P.-তে তৈরী হয় (2 × 27) গ্রাম Al দ্বারা

∴ 37 সি. সি. H_2 N.T.P.-তে তৈরী হয় $\frac{2 \times 27 \times 37}{3 \times 22400}$

[22 4 লিটার = 22400 সি.সি.]

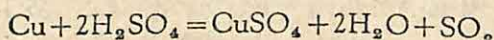
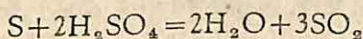
= 0·02973 গ্রাম Al.

∴ Al-এর শতাংশ $= \frac{0{\cdot}02973 \times 100}{{\cdot}0321} = 92{\cdot}61$

12. 10 গ্রাম কপার ও 10 গ্রাম সালফার পৃথক পৃথক ভাবে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় যে SO_2 উৎপন্ন হইবে তাহার পারস্পরিক আয়তন কত ?

$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$

63 22·4 লিটার

$S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$

32 3 × 22·4 লিটার

N. T. P.-তে 63 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে 22·4 লিটার SO_2

∴ 10 গ্রাম কপার উৎপন্ন করে $\frac{22{\cdot}4 \times 10}{63}$ লিটার SO_2

আবার N. T. P.-তে

32 গ্রাম সালফার উৎপন্ন করে 3 × 22·4 লিটার SO_2

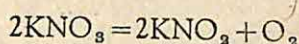
∴ 10 ... ... $\frac{3 \times 22{\cdot}4 \times 10}{32}$ লিটার SO_2

সুতরাং $(SO_2) : (SO_2)$

$$= \frac{22{\cdot}4 \times 10}{63} : \frac{10 \times 3 \times 22{\cdot}4}{32}$$

$$= \frac{1}{63} : \frac{3}{32} = 32 : 189$$

13. 100 গ্রাম KNO_3 উত্তপ্ত করিয়া কত পরিমাণ (লিটার হিসাবে) অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ?

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

2×101 22·4 লিটার O_2

অর্থাৎ 202 গ্রাম KNO_3 হইতে পাওয়া যায় 22·4 লিটার O_2

∴ 100 ... $\frac{22{\cdot}4 \times 100}{202} = 11{\cdot}09$ লিটার।

প্রশ্ন

1. 1 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রব্যভূত করিলে 0° সে. উষ্ণতায় ও 760 মিমি. চাপে কত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে ? [*Ans.* 224 সি.সি.]

2. 1 গ্রাম NH_4Cl হইতে 15° সে. উষ্ণতায় ও 740 মি.মি. চাপে কত আয়তন অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় ? [*Ans.* 45·3 সি.সি.]

3. 30° সে. তাপে ও 750 মিমি. চাপে 2 লিটার অক্সিজেন পাইতে কত গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন তাহা নির্ণয় কর। [*Ans.* 6·5 গ্রাম]

4. সোডিয়াম এবং লাল তপ্ত আয়রন দ্বারা 5·4 গ্রাম জল বিয়োজিত করিয়া 27° সে. তাপে ও 750 মিমি. চাপে কত আয়তন হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ণয় কর। [*Ans.* (*a*) 3·74 লিটার ; (*b*) 7·48 লিটার]

5. 10 গ্রাম তপ্ত কপার অক্সাইডের মধ্যে হাইড্রোজেন চালিত করিলে বিক্রিয়ালব্ধ উৎপন্ন পদার্থসমূহের পরিমাণ কত হইবে এবং প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করিতে কত আয়তন গ্যাসের (হাইড্রোজেন) প্রয়োজন হইবে ?

[*Ans.* Cu—79·87 গ্রাম ; H_2O—22·64 গ্রাম ; H_2—28·18 লিটার]

6. 25 গ্রাম জিংকের উপর লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে দগ্ধ করিতে 30° সে. উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে কত আয়তন অক্সিজেন লাগিবে ? [*Ans.* 4·84 লিটার]

7. 30° সে. উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা 1000 লিটার ধারণ-ক্ষমতা সম্পন্ন একটি বেলুন ভর্তি করা হইল। কি পরিমাণ আয়রন ও 50 শতাংশ ক্ষমতার সালফিউরিক অ্যাসিড লাগিবে ?

[*Ans.* Fe – 2222·3 গ্রাম ; H_2SO_4—7782·2 সি.সি.]

8. ZnO মিশ্রিত অবিশুদ্ধ 1 গ্রাম জিংক H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় 50° সে. উষ্ণতা ও 755 মিমি. চাপে 130 সি.সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অবিশুদ্ধ নমুনার জিংকের শতকরা হার নির্ণয় কর। [*Ans.* 31·82%]

9. 27° সে. উষ্ণতায় ও প্রমাণ চাপে 1 লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ বিশুদ্ধ $CaCO_3$ লাগিবে তাহা নির্ণয় কর। কতটা পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন উক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিবে ?

[*Ans.* $CaCO_3$—4 গ্রাম ; C—0·49 গ্রাম]

10. 40 শতাংশ সালফারযুক্ত 5 গ্রাম পাইরাইটিস সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে 30° সে. উষ্ণতা ও 750 মিমি. চাপে কত আয়তন বায়ু লাগিবে তাহা নির্ণয় কর। আয়তন অনুযায়ী বায়ুতে শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেন আছে।

[*Ans.* 7·87 লিটার]

11. বায়ুতে ওজনানুযায়ী অক্সিজেনের শতকরা হার 23 ভাগ ধরিয়া লইলে, এক কিলোগ্রাম কোলকে সম্পূর্ণ রূপে দহন করিতে 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে যে আয়তন বায়ু লাগিবে তাহা বাহির কর। কোলে শতকরা 90 ভাগ কার্বন ও 5 ভাগ হাইড্রোজেন আছে। [*Ans.* 10460·1 লিটার]

12. কতটা পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলে 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে 3·04 লিটার অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে তাহা নির্ণয় কর।

[*Ans.* 9·95 গ্রাম KCl_3O] [*H. S. Exam 1960*]

13. কত ওজনের ক্যালসিয়াম কার্বনেট সম্পূর্ণভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিলে 0° সে. উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে 3 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইবে ? (পারমাণবিক ওজন Ca = 40, C = 12)

[*Ans.* 13·21 গ্রাম $CaCO_3$]
[*H. S. Exam. 1960 (Compart)*]

14. 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে 0.57 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে কতটা পরিমাণ জিংক লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের আধিক্যে দ্রবীভূত করিতে হইবে তাহা নির্ণয় কর। বিক্রিয়াতে কতটা পরিমাণ $ZnSO_4$ উৎপন্ন হইবে?

[*Ans.* 1·489 গ্রাম জিঙ্ক ; 3·675 গ্রাম জিঙ্ক সালফেট]

[*H. S. Exam. 1961*]

15. একটি বাল্‌বে রক্ষিত তপ্ত কিউপ্রিক অক্‌সাইডের উপর হাইড্রোজেন প্রবাহ চালানো হইল, 0.8 গ্রাম কিউপ্রিক অক্‌সাইডের পূর্ণ জারণে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় যে আয়তনের হাইড্রোজেন লাগিবে তাহা নির্ণয় কর।

[পারমাণবিক ওজন Cu=65·57] [*H. S. Exam. (Compart) 1961*]

[*Ans.* 0·225 লিটার হাইড্রোজেন N.T.P. তে]

16. 27° সে. উষ্ণতায় এবং 760 মিমি. চাপে 50 সি. সি. সালফার ডাই-অক্‌সাইড উৎপন্ন করিতে কত ওজনের ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইতে হইবে? (Cu=63·5)

Ans. 0·1273 গ্রাম কপার] [*H. S. Exam. 1962*]

17. 27° সে. উষ্ণতায় এবং 760 মিমি. চাপে এক লিটার অ্যামোনিয়া পাইতে হইলে কতটা পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লাগিবে তাহা নির্ণয় কর।

[*Ans.* 2·17 গ্রাম NH_4Cl] [*H. S. Exam (Compart.) 1962*]

18. 12·25 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিয়া যে অক্‌সিজেন পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ, শুষ্ক ও উত্তপ্ত কার্বনের উপর চালানো হইল। কার্বনের এক অংশ দগ্ধ হইয়া কার্বন ডাই-অক্‌সাইডে পরিণত হইল। উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্‌সাইডের 27° সে. উষ্ণতায় ও 75 সে.মি. চাপে আয়তন কত হইবে এবং কতটা পরিমাণ কার্বন অবশেষরূপে থাকিবে? (K=39, Cl=35·5, O=16)

[*H. S. Exam. 1963*]

[*Ans.* অবশিষ্ট কার্বনের পরিমাণ 3·2 গ্রাম ; CO_2—3·75 লিটার]

19. 1·3 গ্রাম জিংক 3 গ্রাম H_2SO_4-এর লঘু দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া ঘটান হইল। বিক্রিয়া শেষে কোন্ রাসায়নিক দ্রব্য অবশেষ থাকিবে? 37° সে. উষ্ণতায় এবং 755 মিমি. চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে? (Zn=65, S=32) [*H. S. Exam. (Compart) 1963*]

[*Ans.* বিক্রিয়া শেষে জিংক সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইবে এবং 1·133 গ্রাম H_2SO_4 অবশিষ্ট থাকিবে। যে পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে তাহা 512·2 সি. সি.]

20. 2 গ্রাম $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে কপার অধঃক্ষিপ্ত করিতে 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে কত আয়তন H_2S লাগিবে? কতটা পরিমাণ ফেরাস সালফাইড সেই পরিমাণ সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পাইতে প্রয়োজন হইবে? Cu=63·5, F=56) [*H. S. Exam. 1964*]

[*Ans.* 2 গ্রাম $CuSO_4$-এর প্রয়োজন 312·7 মিলিলিটার H_2S ; 1.1 গ্রাম FeS প্রয়োজন।]

21. 27° সে. উষ্ণতায় ও প্রমাণ চাপে 500 সিসি. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ বিশুদ্ধ $CaCO_3$ লাগিবে তাহা নির্ণয় কর। কতটা পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন উক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করিবে? (Ca=40) [*H. S. Exam. (Compart.) 1964*]

[*Ans.* 2·03 গ্রাম $CaCO_3$; 0·2438 গ্রাম কার্বন]

22. 13 গ্রাম জিংকের উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রস্তুত হাইড্রোজেন পৃথক ভাবে (*a*) 10 গ্রাম, ও (*b*) 20 গ্রাম শুষ্ক উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া চালিত করা হইল। অবশিষ্ট মিশ্রণের ওজন এবং উপাদানগুলির সংযুতি নির্ণয় কর। (Cu=63, Zn=65)

[*H. S. Exam. 1966*]

[*Ans.* (*a*) 7·98 গ্রাম বিশুদ্ধ কপার ; (*b*) 12·6 গ্রাম কপার এবং 4·2 গ্রাম কপার অক্সাইড।]

23. একটি ঘরের বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে কিনা পরীক্ষা করিতে 15° সে. তাপ ও 750 মিমি. চাপে 100 লিটার বায়ু কষ্টিক পটাশ দ্রবনের মধ্য দয়া চালিত করা হইল। কষ্টিক পটাশ দ্রবণের ওজন এক গ্রাম বৃদ্ধি পাইল। ঘরের বায়ুতে কার্বন ডাই-অকসাইডের শতকরা হার বাহির কর। [বায়ুর ঘনত্ব (H=1)=14·4] [*Ans.* 0·806% ওজনের CO_2]

[*H. S. Exam. (Compart*) *1966*]

24. 12° সে. তাপে ও 750 মিমি. চাপে নির্ধারিত কতটা পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড এক গ্রাম কার্বনকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিয়া পাওয়া যাইবে, তাহা নির্ণয় কর।

[*Ans.* CO_2 এর পরিমাণ 1974 মিলি লিটার]

[*H. S. Exam. 1967*]

(ii) আয়তনিক গণনা ও ফর্মুলা নির্ণয়

[Calculation on volume and determination of formula]

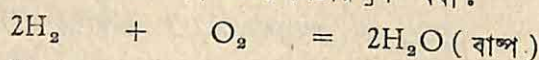
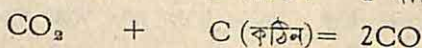
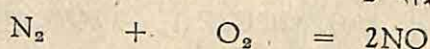
আয়তন সংক্রান্ত গণনায় স্মরণ রাখা প্রয়োজন :

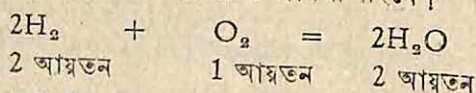
(i) যে-কোন এক গ্রাম-অণু পরিমাণ পদার্থের গ্যাসীয় আয়তন N.T.P.-তে 22·4 লিটার।

(ii) যে কোন গ্রাম-অণু পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন—এক আয়তন (1 vol). [N. T. P.-তে ইহা 22·4 লিটার]। যথা :

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (বাষ্প)
2 আয়তন   1 আয়তন   2 আয়তন

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ (জল)
1 আয়তন   2 আয়তন   1 আয়তন

$CO_2 +$ C (কঠিন) $= 2CO$
1 আয়তন   2 আয়তন

$N_2 + O_2 = 2NO$
1 আয়তন   1 আয়তন   2 আয়তন

1. 20 সি. সি. অক্সিজেন 100 সি. সি. হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত আছে। প্রমাণ তাপ ও চাপে নির্ধারিত পরিমাণ উক্ত গ্যাসদ্বয় বিস্ফোরিত করা হইল। কতটা পরিমাণ গ্যাস থাকিয়া যাইবে ?

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$
2 আয়তন   1 আয়তন   2 আয়তন

∴ 1 সি.সি. O_2 যুক্ত হইবে 2 সি.সি. H_2-এর সঙ্গে

∴ 20 সি.সি.   …(2×20) সি.সি.……

$= 40$ সি.সি.…… …

∴ $(100 - 40) = 60$ সি.সি. H_2 বাকী থাকিবে।

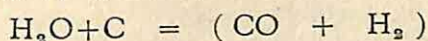
2. একই নির্দিষ্ট চাপে ও তাপে 10 লিটার CO_2 তৈরী করিতে কতটা পরিমাণ CO লাগিবে ?

$CO_2 + C = 2CO$
1 আয়তন   2 আয়তন

1 আয়তন CO_2 তৈরী করে 2 আয়তন CO

∴ 10 লিটার……$2 \times 10 = 20$ লিটার CO

3. একটি নির্দিষ্ট তাপে ও চাপে 10 লিটার স্টীম হইতে কতটা পরিমাপ ওয়াটার গ্যাস (উদক গ্যাস) পাওয়া যাইবে ?

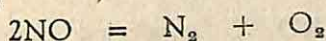
$H_2O+C = (CO + H_2)$

1 আয়তন (1 আয়তন+1 আয়তন)

1 আয়তন স্টীম হইতে 2 আয়তন ওয়াটার গ্যাস তৈরী হয়।

∴ 10 লিটার······2×10 লিটার ... ...

=20 লিটার ... ...

4. 100 সি. সি. নাইট্রিক অক্সাইডের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালাইবার পর অক্সিজেন সম্পূর্ণরূপে নিঃশেষ হইলে কত আয়তন নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকিবে ?

$2NO = N_2 + O_2$

2 আয়তন 1 আয়তন 1 আয়তন

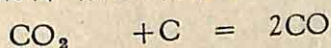
অর্থাৎ 2 সি. সি. NO তৈরী করে 1 সি. সি. N_2 ও 1 সি. সি. O_2

∴ 100......$\frac{1}{2}\times100$ সি.সি. N_2 ও $\frac{1}{2}\times100$ সি.সি. O_2

অর্থাৎ 50 সি.সি. N_2 ও 50 সি.সি. O_2

সুতরাং নাইট্রোজেন বাকী থাকে =50 সি.সি.

5. লাল তপ্ত কার্বনের উপর দিয়া 1 লিটার CO_2 গ্যাস চালিত করিলে যে গ্যাস পাওয়া যায় উহার আয়তন 1500 সি.সি.। প্রমাণ তাপে ও চাপে উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন বাহির কর।

$CO_2 + C = 2CO$

1 আয়তন 2 আয়তন

মনে করা যাক x সি.সি. আয়তন CO_2 গ্যাস CO গ্যাসে রূপান্তরিত হইয়াছে।

সুতরাং অরূপান্তরিত CO_2-এর পরিমাণ=$(1000-x)$ সি.সি.

1 আয়তন CO_2 তৈরী করে 2 আয়তন CO

অর্থাৎ x সি.সি. CO_2 ... ...$2x$ সি.সি. CO

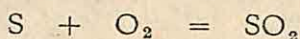
সুতরাং $(1000-x)+2x=1500$ সি.সি.

or, $x=1500-1000=500$ সি.সি.

∴ $CO_2=(1000-500)=500$ সি.সি.

$CO=2\times500=1000$ সি.সি.

6. আয়তন হিসাবে বায়ুতে 20 শতাংশ অক্সিজেন আছে। 1000 সি.সি. সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করিতে কত আয়তন বায়ুতে প্রয়োজন হইবে?

$S + O_2 = SO_2$

1 আয়তন 1 আয়তন

1 আয়তন SO_2 তৈরী করার জন্য 1 আয়তন O_2 প্রয়োজন

∴ 1000 সি.সি. SO_2 তৈরী করার জন্য 1000 সি.সি. O_2 প্রয়োজন

20 সি.সি. O_2 পাওয়া যায় 100 সি.সি. বায়ুতে

∴ 1000 সি.সি. ... ...$\frac{100}{20} \times 1000$...

=5000 সি.সি. বায়ুতে।

7. 60 সি.সি. N_2O এবং NO-এর মিশ্রণে সমান আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিতে 38 সি. সি. N_2 পাওয়া যায়। মিশ্রণের বিভিন্ন গ্যাসের পরিমাণ বাহির কর।

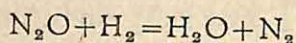
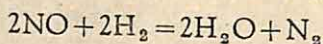
$N_2O + NO$-এর মিশ্র আয়তন=60 সি.সি.

মনে কর, NO-এর আয়তন=x সি.সি.

∴ N_2O-এর আয়তন=$(60=x)$ সি.সি.

$N_2O + H_2 = H_2O + N_2$

1 আয়তন 1 আয়তন

$2NO + 2H_2 = 2H_2O + N_2$

2 আয়তন 1 আয়তন

অর্থাৎ x সি.সি. N_2O হইতে পাওয়া যায় $\frac{x}{2}$ সি. সি. N_2

এবং $(60—x)$ সি.সি. N_2O......$(60-x)$ সি.সি. N_2

প্রশ্ন অনুযায়ী $\frac{x}{2} + (60-x) = 83$

অথবা $x = 44$

$x = NO = 44$ সি.সি.

$60 - x = N_2O = 16$ সি.সি.

8. এক লিটার CO এবং CO_2-এর মিশ্রণ লালতপ্ত চারকোলের উপর দিয়া চালিত করিলে 1600 সি.সি. CO পাওয়া যায়। বিক্রিয়ান্বিত ও বিক্রিয়ালব্ধ

উভয় গ্যাসই একই চাপ ও তাপে গৃহীত। মিশ্রণের উপাদান সমূহের পরিমাণ বাহির কর :

মনে কর, CO_2-এর আয়তন $= x$ সি.সি.

$\therefore$ CO-এর আয়তন $= (1000 - x)$ সি.সি.

বিজারণ বিক্রিয়া : $CO_2 + C = 2CO$

1 সি সি. 2 সি.সি.

$\therefore$ x সি.সি. CO_2 হইতে পাওয়া যায় $2x$ সি.সি. CO

সুতরাং $2x + (1000 - x) = 1600$

$\therefore$ $x = 600$

অর্থাৎ $CO_2 = 600$ সি.সি. এবং $CO = (1000 - 600)$

$= 400$ সি.সি.।

9. প্রমাণ তাপে ও চাপে 25 সি.সি. মার্স গ্যাস 27° সে. তাপ ও 750 মিমি. চাপের 300 সি. সি. বায়ু মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে জারিত করা হইল। 17° সে. তাপ ও 750 মিমি. চাপে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন বাহির কর। বায়ুতে শতকরা 20 ভাগ আয়তনের অক্সিজেন এবং 80 ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন আছে।

300 সি.সি. বায়ুর আয়তন N. T. P.-তে হইবে :

$$\frac{V \times 760}{273} = \frac{300 \times 750}{(27 + 273)}$$

$\therefore$ $V = 269{\cdot}5$ সি.সি.

269·5 সি.সি. বায়ুর মধ্যে N. T. P.-তে

O_2-এর আয়তন $= \frac{20 \times 269{\cdot}5}{100} = 53{\cdot}90$ সি.সি.

N_2-এর আয়তন $= \frac{80 \times 269{\cdot}5}{100} = 215{\cdot}60$ সি.সি.

বিক্রিয়া $CH_4 + 2O_2 = 2H_2O + CO_2$

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন

$\therefore$ 25 সি.সি. CH_4-এর বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজন 50 সি.সি. O_2

সুতরাং বিক্রিয়ার পরে O_2 বাকী

$(53{\cdot}90 - 50) = 3{\cdot}90$ সি.সি.

অর্থাৎ N. T. P.-তে গ্যাস বাকী থাকে

3·90 সি.সি. O_2 + 215·60 সি.সি. N_2 + 25 সি.সি. CO_2 =

244·5 সি.সি.

244·5 সি.সি. গ্যাস 17°C ও 750 মি.মি. চাপে আয়তন লাভ করিবে,

$$\frac{V \times 750}{290} = \frac{244 \cdot 5 \times 760}{273} \qquad \therefore \; V = 263 \cdot 1 \text{ সি.সি.}$$

10. একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে শতকরা 50 ভাগ H_2, 40 ভাগ CH_4 এবং 10 ভাগ O_2 আছে। 27° সে. তাপ ও 750 মি.মি. চাপের 200 সি.সি. উপরোক্ত গ্যাসের মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে অতিরিক্ত প্রমাণ তাপ ও চাপের যে অক্‌সিজেন প্রয়োজন তাহার আয়তন বাহির কর।

মনে কর, 200 সি.সি. মিশ্র গ্যাসের আয়তন N. T. P.-তে = V সি.সি.

স্থতরাং $\frac{V \times 760}{273} = \frac{200 \times 750}{273 + 27} \quad \therefore \; V = 179 \cdot 7$ সি.সি.

অর্থাৎ N. T. P.-তে H_2-এর আয়তন $= \frac{179 \cdot 7 \times 50}{100} = 89 \cdot 85$ সি.সি.

$\therefore$ CH_4 এর আয়তন $= \frac{179 \cdot 7}{100} \times 40 = 71 \cdot 88$ সি.সি.

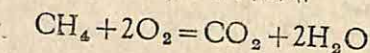
$O_2 = \frac{179 \cdot 7}{100} \times 10 = 17 \cdot 97$ সি.সি.

(i) H_2 ও O_2 এর বিক্রিয়া : $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

অর্থাৎ 1 সি.সি. H_2-এর জন্য প্রয়োজন ½ সি.সি. O_2

স্থতরাং 89·85 সি.সি. ... ... 44·92 সি.সি. O_2

(ii) $CH_4 + 2O_2$-এর বিক্রিয়া

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

অর্থাৎ 1 সি.সি. CH_4-এর জন্য প্রয়োজন 2 সি.সি. O_2

71·88 সি.সি. ... ... 143·76 সি.সি. O_2

স্থতরাং N. T. P.-তে অক্‌সিজেন প্রয়োজন

44·92 + 143·76 = 188·68 সি.সি.

অক্‌সিজেন আছে মাত্র 17·97 সি.সি.

স্থতরাং N. T. P.-তে অতিরিক্ত অকসিজেনের প্রয়োজন

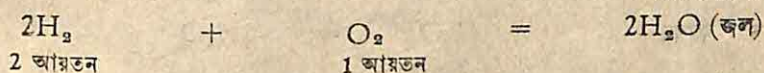
= (188·68—47·97) সি.সি. = 170·71 সি.সি. O

11. 40 সি.সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অক্সিজেনের সহিত বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের সাহায্যে জারিত করা হইল। বিস্ফোরণের পর আয়তন 120 সি.সি. সঙ্কুচিত হইল। হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব 22 ; হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা নির্ণয় কর।

মনে কর, হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা C_xH_y

অক্সিজেনের সঙ্গে হাইড্রোকার্বনের সংযোগে যে জল তৈরী হয় তাহার কোন আয়তন নাই। এই আয়তন সংকোচন হয় জল তৈরী হওয়ার জন্য।

সুতরাং H_2-এর সঙ্গে সংযোগের জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন = (120—40)
= 80 সি.সি.

$$\underset{\text{2 আয়তন}}{2H_2} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = 2H_2O \text{ (জল)}$$

সুতরাং 80 সি.সি. O_2-এর জন্য প্রয়োজন 160 সি.সি. H_2 এবং এই H_2 পাওয়া যায় হাইড্রোকার্বন গ্যাস হইতে

অর্থাৎ 40 সি.সি. হাইড্রোকার্বনে আছে 160 সি.সি. H_2

∴ 1 সি.সি. ... ... 4 সি.সি. H_2

মনে কর, একই চাপ ও তাপাংকে 1 সি.সি. গ্যাসে আছে 'n' অণু গ্যাস

সুতরাং n হাইড্রোকার্বন অণুতে আছে $4n$ H অণু

অথবা 1 অণু হাইড্রোকার্বনে আছে 4 অণু H বা 8 পরমাণু H

সুতরাং হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা = C_xH_8

হাইড্রোকার্বনের বাষ্প ঘনত্ব = 22

∴ হাইড্রোকার্বনের আণবিক ওজন = $22 \times 2 = 44$

সুতরাং $C_xH_8 = 44$

অর্থাৎ $12x + 1 \times 8 = 44$

অথবা $x = 3$

সুতরাং হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা = C_3H_8

12. 10 সি.সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন 25 সি.সি. অক্সিজেনের সহিত বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। মিশ্রণ সঙ্কুচিত হইয়া 15 সি. সি. হইল। KOH দ্রবণ মিশাইলে আয়তন আরও সঙ্কুচিত হইয়া 10 সি.সি. হইল এবং অবশিষ্ট থাকে বিশুদ্ধ অক্সিজেন। হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা কি হইবে। উহার ঘনত্ব 8।

হাইড্রোকার্বনের আয়তন = 10 সি. সি.

অক্সিজেনের আয়তন = 25 সি. সি.

KOH দ্বারা গ্যাস সংকোচনের পরিমাপ = 10 সি.সি.

স্থতরাং CO_2-এর আয়তন $=10$ সি.সি.

অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন $=(15-10)=5$ সি.সি.

অক্সিজেন ব্যবহৃত হইয়াছে $=(25-5)=20$ সি.সি.

কিন্তু 10 c.c. CO_2-এর প্রয়োজন 10 সি সি. O_2

(কারণ, $C + O_2 = CO_2$)
1 আয়তন 1 আয়তন

অতএব জলের জন্য ব্যবহৃত হইয়াছে $=(20-10)=10$ সি.সি. অক্সিজেন

স্থতরাং H ব্যবহৃত হইয়াছে 20 সি.সি.

(কারণ, $2H_2 + O_2 = 2H_2O$)
2 আয়তন 2 আয়তন

এবং এই H উৎপন্ন হইয়াছে হাইড্রোকার্বন হইতে

স্থতরাং 10 সি সি. হাইড্রোকার্বন হইতে পাওয়া যায় 20 সি.সি. H_2

অর্থাৎ 1 সি.সি. ... ... 2 সি.সি. „

যদি সমচাপ ও উষ্ণতায় 1 সি.সি. গ্যাসে 'n' অণু থাকে, তবে

n অণু হাইড্রোকার্বনে আছে $2n$ অণু H

$\therefore$ 1 অণু হাইড্রোকার্বনে আছে 2 অণু বা 4 পরমাণু H

স্থতরাং হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা $=C_xH_4$

C_xH_4 এর বাষ্পঘনত্ব $=8$

স্থতরাং আণবিক ওজন $=2\times8=16$

$C_xH_4=16$

অথবা $12_x+4\times1=16 \quad \therefore \quad x=1$

স্থতরাং হাইড্রোকার্বনের ফর্মুলা $=CH_4$

13. 3 ভাগ CO এবং 1 ভাগ CO_2-এর মিশ্রণ দেওয়া হইল। মিশ্রণটি (*a*) লাল তপ্ত চারকোলের উপর দিয়া চালিত করা হইল, (*b*) অক্সিজেনের সহিত দহন করা হইল ; বিক্রিয়াসমূহে আয়তনের পরিবর্তন নির্ণয় কর।

(*a*) CO_2 বিজারিত হইবে কিন্তু CO অপরিবর্তিত থাকিবে,

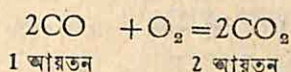
$CO_2+C=2CO$
1 আয়তন 2 আয়তন

স্থতরাং 1 আয়তন CO_2 তৈরী করিবে 2 আয়তন CO ;

অর্থাৎ, মোট CO গ্যাসের আয়তন হইবে 3 আয়তন + 2 আয়তন = 5 আয়তন

(*b*) অক্সিজেনের সঙ্গে শুধু CO-এর বিক্রিয়া ঘটিবে ; CO_2 অবিকৃত থাকিবে।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

1 আয়তন 2 আয়তন

অর্থাৎ 2 আয়তন CO তৈরী করিবে 2 আয়তন CO_2

স্থতরাং 3 আয়তন CO তৈরী করিবে 3 আয়তন CO_2

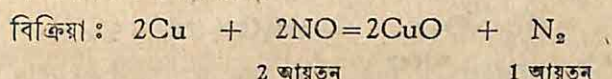
অর্থাৎ CO_2-এর মোট আয়তন হইবে $=(3+1)$ আয়তন $=4$ আয়তন,

স্থতরাং (*a*) বিক্রিয়ায় 4 আয়তন গ্যাস বৃদ্ধি পাইয়া যাইবে 5 আয়তন।

(*b*) বিক্রিয়ায় আয়তনের কোন পরিবর্তন হইবে না।

14. 25 সি.সি. নাইট্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণ প্রজ্বলিত কপারের উপর দিয়া চালিত করার পর লব্ধ গ্যাসের আয়তন সঙ্কুচিত হইয়া দাঁড়ায় 20 সি.সি.। প্রথম মিশ্রণের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর ; চাপ ও উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিবে।

বিক্রিয়া : $2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$

2 আয়তন 1 আয়তন

25 সি.সি. মিশ্র গ্যাস সংকুচিত হইয়া দাঁড়ায় 20 সি.সি.

স্থতরাং আয়তন সংকোচন $=(25-20)=5$ সি.সি.

উপরের বিক্রিয়া হইতে দেখা যায় 1 সি.সি. আয়তন সংকোচনের জন্য প্রয়োজন 2 সি.সি. NO.

স্থতরাং 5 সি.সি. আয়তন সংকোচনের জন্য প্রয়োজন 10 সি.সি.

অর্থাৎ NO $=10$ সি.সি.

এবং $N_2 = (25-10) = 15$ সি.সি.

স্থতরাং $N_2 = \frac{15}{25} \times 100 = 60\%$

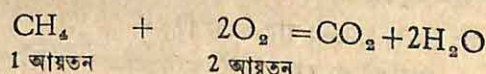
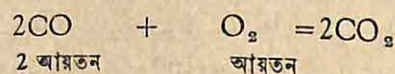
$NO = \frac{10}{25} \times 100 = 40\%$

15. CO এবং CH_4-এর 10·5 সি.সি. মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে দহন করিতে 9 সি.সি. অক্সিজেনের প্রয়োজন হয়। CO এবং CH_4-এর আয়তনগত সংযুতি নির্ণয় কর।

$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

2 আয়তন আয়তন

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

1 আয়তন 2 আয়তন

মনে কর, $CO = x$ c.c. $CH_4 = y$ c.c.

সুতরাং $x + y = 10{\cdot}5 \quad ...(i)$

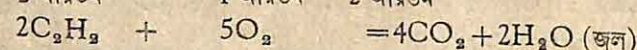
বিক্রিয়া হইতে দেখা যায় 2 সি.সি. CO 1 সি.সি. অক্সিজেন ব্যবহার করে।
সুতরাং $O_2 = \frac{1}{2}x$ সি.সি.

আবার CH_4-এর জন্য প্রয়োজন দ্বিগুণ O_2
সুতরাং অক্সিজেন ব্যবহৃত হয় $= 2y$ সি.সি
অর্থাৎ $\frac{1}{2}x + 2y = 9 \quad ... \quad (ii)$
এই (i) ও (ii) সমীকরণ হইতে পাওয়া যায় $x = 8$, $y = 2{\cdot}5$
সুতরাং $CO = 8$ সি.সি. ; $CH_4 = 2{\cdot}5$ সি.সি

16. কোন একটি কোল গ্যাসের নমুনায় শতকরা 45 ভাগ H_2, 30 ভাগ CH_4, 20 ভাগ CO এবং 5 ভাগ C_2H_2 আছে। 100 সি.সি. এই গ্যাস 160 সি.সি. O_2-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে জারিত করা হইল। উৎপন্ন মিশ্র গ্যাসের সংযুতি এবং আয়তন নির্ণয় কর। (সকল গ্যাসই শুষ্ক)

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (জল)
2 আয়তন — আয়তন

$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ (জল)
1 আয়তন — 2 আয়তন — 1 আয়তন

$2CO + O_2 = 2CO_2$
2 আয়তন — 1 আয়তন — 2 আয়তন

$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$ (জল)
2 আয়তন — 5 আয়তন — 4 আয়তন

100 c.c. মিশ্র গ্যাসের মধ্যে আছে

$H_2 = 45$ সি.সি. : $CO = 20$ সি.সি.

$CH_3 = 30$ সি.সি. : $C_2H_2 = 5$ সি.সি.

গ্যাস	আয়তন	প্রয়োজনীয় O_2	CO_2-এর আয়তন
H_2	45	45/2	0
CH_4	30	60	30
CO	20	10	20
C_2H_2	5	25/2	10
	100	105	60

সুতরাং অক্সিজেন বাকী থাকে $= (160 - 105) = 55$ সি.সি.
এবং CO_2 পাওয়া যায় $= 60$ সি.সি.
$\therefore$ অবশিষ্ট গ্যাসের মোট আয়তন $= (55 + 60) = 115$ সি.সি.

17. নিম্নলিখিত স্বীকৃত তথ্য হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের সংযুতি বাহির কর :

গ্যাসের আয়তন················ $=10$ সি.সি.

H_2 মিশ্রিত করার পর আয়তন··· $=18$ সি.সি.

বিস্ফোরণের পর আয়তন········ $=18$ সি.সি.

O_2 মিশ্রিত করার পর আয়তন··· $=27$ সি.সি.

দ্বিতীয় বিস্ফোরণের পর আয়তন $=15$ সি.সি.

(আয়তনগুলি প্রমাণ তাপে ও চাপে গৃহীত)

নাইট্রাস অক্সাইডের সঙ্গে হাইড্রোজেন মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটাইলে জল তৈরী হয়। যদি কিছু হাইড্রোজেন বাকী থাকে অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া আবার বিস্ফোরণ ঘটাইলে তাহা জলে পরিণত হয়।

দ্বিতীয় আয়তন সংকোচন ঘটে জল গঠনের জন্য। এই দ্বিতীয় আয়তন সংকোচন অর্থাৎ $(27-15)=12$ সি.সি., 8 সি.সি. H_2 এবং 4 সি.সি. O_2 ব্যবহৃত হয়।

মোট O_2 ব্যবহার করা হয় $=(27-18)=9$ সি.সি.

এই 9 সি.সি. O_2-এর মধ্যে 4 সি.সি. ব্যবহৃত হয় জল তৈয়ারীর জন্য, স্বতরাং O_2 বাকী থাকে $=(9-4)=5$ সি.সি.

দ্বিতীয় পরীক্ষার পরে যে 15 সি.সি. গ্যাস বাকী থাকে তাহা N_2 এবং O_2-এর মিশ্রণ।

$\therefore$ N_2-এর আয়তন $=10$ সি.সি.

প্রথম পরীক্ষায় H_2 যোগ করা হয় $=(28-10)=18$ সি.সি.

ইহার মধ্যে অবশিষ্ট থাকে 8 সি.সি. H_2 ;

এই 8 সি.সি. H_2 আবার দ্বিতীয় পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয় ;

স্বতরাং প্রথম পরীক্ষায় H_2 ব্যবহৃত হয় $(18-8)=10$ সি.সি.

10 সি.সি. H_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় জল গঠনের জন্য প্রয়োজন 5 সি.সি. O_2 অর্থাৎ 10 সি.সি. নাইট্রাস অক্সাইডে পাওয়া যায় 10 সি.সি. N_2 এবং 5 সি.সি. O_2

স্বতরাং 1 সি.সি. নাইট্রাস অক্সাইড 1 সি.সি. N_2-এর সমান $\frac{1}{2}$ সি.সি. O_2

অর্থাৎ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে আছে 1 অণু N_2 এবং $\frac{1}{2}$ অণু O_2

তথা, 2 পরমাণু N এবং 1 পরমাণু O

স্বতরাং নাইট্রাস অক্সাইড ফর্মুলা $=N_2O$

প্রশ্ন

1. 70 সি.সি. কার্বন মনক্সাইড 28 সি.সি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের দ্বারা বিস্ফোরণ করা হইল। উৎপন্ন গ্যাস KOH-এর সহিত নাড়াইলে কত আয়তন গ্যাস অবশিষ্ট থাকিবে এবং গ্যাসটি কি?

[Ans. 14 সি.সি. CO]

2. CO এবং C_2H_2 গ্যাসদ্বয়ের 40 সি. সি. মিশ্রণ 100 সি. সি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের সাহায্যে জারিত করা হইল। অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন দেখা গেল 104 সি.সি.। কষ্টিক পটাশের সহিত বিক্রিয়ায় ইহার আয়তন দাঁড়ায় 48 সি.সি.। প্রথম মিশ্রণের সংযুতি বাহির কর। [Ans. CO = 60% ; C_2H_2 = 40%]

3. 20 আয়তন হাইড্রোকার্বন 250 সি.সি. বায়ুর সহিত বিস্ফোরণ ঘটান হইল। প্রথম প্রত্যক্ষ সংকোচন 40 সি.সি. এবং KOH কর্তৃক শোষণের ফলে CO_2-আয়তন পাওয়া যায় 20 সি.সি.। গ্যাসটির সংযুতি (ফর্মুলা) কি? [Ans. CH_4]

4. 20 আয়তন হাইড্রোকার্বন 80 আয়তন O_2 সহিত মিশ্রিত করিলে বিস্ফোরণের পর গ্যাসের আয়তন দাঁড়ায় 60 এবং KOH দ্রবণের সহিত নাড়াইবার পর আয়তন দাঁড়ায় 20; গ্যাসের সংযুতি (ফর্মুলা) নির্ণয় কর।

[Ans. C_2H_4]

5. 1000 সি.সি. অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ একটি জারে লওয়া হইল; ইহাতে নাইট্রিক অক্সাইড মিশ্রিত করা হইল যতক্ষণ পর্যন্ত না আর লাল আভার ধূমায়িত গ্যাস বাহির হয়। দেখা গেল যে ইহাতে 33 সি.সি. NO প্রয়োজন। মিশণে অক্সিজেনের শতাংশ সংযুতি কত? [Ans. 1·65%]

6. 15 সি.সি. অ্যামোনিয়া গ্যাসকে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা বিয়োজিত করিয়া উহাতে 40 সি.সি. অক্সিজেন প্রবেশ করানো হয় এবং তৎপর বিস্ফোরণ ঘটানো হয়। বিস্ফোরণ ঘটানোর (*a*) পূর্বে, এবং (*b*) পরে কি কি গ্যাস বর্তমান এবং উহাদের আয়তন কত বিবৃত কর।

[Ans. (*a*) N_2 7·5 সি.সি. ; H_2 22·5 সি.সি. ; O_2 40 সি.সি.
(*b*) N_2 7·5 সি.সি. ; O_2 28·75 সি.সি.]

7. বায়ুতে আয়তন হিসাবে অক্‌সিজেন 21 শতাংশ ধরিয়া লইলে নির্দিষ্ট তাপে ও চাপে (a) হাইড্রোজেন, (b) মিথেন, এবং (c) কার্বন মনক্‌সাইড গ্যাসগুলির প্রত্যেকটির এক লিটার সম্পূর্ণ দহন করিতে 27° সে. তাপে ও 755 মি. মি. চাপে কত আয়তন বায়ুর প্রয়োজন হইবে ?

[Ans. (*a*) 2·38 লিটার : (*b*) 9·52 লিটার : (*c*) 2·38 লিটার]

8. 50 আয়তনের একটি গ্যাস 70 আয়তন অক্‌সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইলে 50 আয়তন CO_2 উৎপাদন করে এবং KOH-দ্রবণে শোষণের পর 45 আয়তন অক্‌সিজেন পড়িয়া থাকে। গ্যাসটির ফর্মুলা কি হইবে ? [Ans. CO]

9. 27°C সে. তাপে ও 750 মি. মি. চাপে 100 সি.সি. মার্স গ্যাসকে অতিরিক্ত অক্‌সিজেনে বিস্ফোরিত করান হইল। জলের ওজন এবং প্রমাণ তাপে ও চাপে CO_2-এর আয়তন নির্ণয় কর।

[Ans. 0·148 গ্রাম ; 89·79 সি.সি.]

10. একটি মিশ্রণে CH_4, CO এবং N_2 আছে। নিম্নলিখিত স্বীকৃত তথ্য হইতে মিশ্রণের আয়তন সংযুতি নির্ণয় কর :—

মিশ্রণের আয়তন ...60 সি.সি.
মিশ্রিত অক্‌সিজেনের আয়তন ...42 সি.সি.
দহনের পরে অবশিষ্ট গ্যাস ...96 সি.সি.
$CaCl_2$ দ্বারা জলীয় বাষ্প দূরীভূত করার পর অবশিষ্ট গ্যাস ...66 সি.সি.
KOH-দ্রবণে শোষণের পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন ...39 সি.সি.

[Ans. CH_4 15 সি.সি. ; CO 12 সি.সি. N_2 33 সি.সি.]

11. 90 সি.সি. CH_4 এবং CO-এর মিশ্রণ 126 সি.সি. অক্‌সিজেনের সহিত বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিস্ফোরণের আয়তন হইল 150 সি.সি.। প্রথম মিশ্রণে CH_4 এবং CO-এর আয়তন নির্ণয় কর।

[Ans. CH_4 14 সি.সি. ; CO 75 সি.সি.]

———

সংক্ষিপ্ত উত্তরের জন্য বিষয়মুখী প্রশ্ন

(Objective type Questions)

॥ প্রথম অধ্যায় ॥

1. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর যথাযথভাবে বিচার করিয়া 'হাঁ' বা 'না' লিখ :

(a) ডলটনের পরমাণুবাদ দ্বারা ভরের নিত্যতা সূত্র প্রমাণ করা যায় কি ?

(b) একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে অভিন্ন কি ?

(c) পরমাণু কি অবিভাজ্য ?

(d) সোডা লাইম কি সিক্ত চুন ও কষ্টিক সোডার মিশ্রণ ?

(e) রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে পদার্থের ভর বা ওজনের কোন ক্ষয় বা বৃদ্ধি ঘটে কি ?

(f) পদার্থের অবিনাশিতা সূত্রটি কি বিজ্ঞানী প্রাউস্ট আবিষ্কার করেন ?

(g) গুণানুপাত সূত্রটি কি বিজ্ঞানী ডলটন সর্বপ্রথম প্রতিষ্ঠা করেন ?

(h) কোন একটি ধাতুর ক্লোরাইডে যথাক্রমে 35·9% এবং 52·8% ক্লোরিন আছে। প্রাপ্ত ফলগুলি কি গুণানুপাত সূত্রের সমর্থক ?

(i) যৌগ গঠনের সময় মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি কি পরস্পর পূর্ণ সংখ্যার সরল অনুপাতে সংযুক্ত হয় ?

॥ দ্বিতীয় অধ্যায় ॥

1. উপযুক্ত শব্দ বসাইয়া শূন্য স্থানগুলি পূরণ কর :

(a) যে যৌগে প্রতিস্থাপনযোগ্য—থাকে সেই যৌগকে অ্যাসিড বলা হয়।

(b) যে অজৈব অ্যাসিড অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, কিন্তু অক্সিজেন থাকে না, তাহাকে বলা হয়——।

(c) ধাতুর অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডকে—বলা হয়।

(d) অ্যাসিডের হাইড্রোজেন আংশিক ভাবে ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া যে লবণ গঠিত হয় তাহাকে——লবণ বলা হয়।

(e) NaCl একটি——লবণ।

2. নীচে কতকগুলি অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের নাম লেখা আছে। কোন্‌টি কোন্ শ্রেণীর তাহা উল্লেখ কর :

(a) H_3PO_4	(a)
(b) HF	(b)
(c) NaOH	(c)
(d) ZnO	(d)
(e) NH_4Cl	(e)
(f) $Ca(HCO_3)_2$	(f)
(g) $2PbCO_3,Pb(OH)_2$,	(g)

॥ তৃতীয় অধ্যায়

1. শুদ্ধ উক্তির পার্শ্বে ✓ এবং অশুদ্ধ উক্তির পার্শ্বে × চিহ্ন বসাও :—

(a) $3BaO_2+2H_3PO_4=Ba_2(PO_4)+3H_2O$

(b) 10% হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণকে 'মার্কের পারহাইড্রল' বলে।

(c) স্বাভাবিক চাপে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্ফুটনাংক 151°C.

(d) ঘন অবস্থায় হাইড্রোজেন পারক্সাইডের মধ্যে অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়।

(e) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিজারণ ক্ষমতা নাই।

(f) সাবানের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়।

(g) PbO_2 হইল লেড পারক্সাইড।

(h) জীবাণুনাশকরূপে হাইড্রোজেন পারক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

(i) হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের মধ্য দিয়া H_2S গ্যাস চালাইলে অদ্রাব্য সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(j) অ্যাসিড মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে, হাইড্রোজেন পারক্সাইড মিশাইয়া সেই মিশ্রণে স্টার্চ দ্রবণ মিশাইলে আয়োডিন নির্গত হইয়া স্টার্চ দ্রবণকে লাল বর্ণে রূপান্তরিত করে।

॥ চতুর্থ অধ্যায় ॥

1. বন্ধনীর মধ্য হইতে উপযুক্ত শব্দ চয়ন করিয়া নিয়ের শূন্যস্থানগুলি পূরণ কর :

(a) অ্যামোনিয়া গ্যাসকে শুষ্ক করা হয়—এর সাহায্যে। (P_2O_5, CaO)

(b) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের জন্য—অনুঘটক ব্যবহৃত হয়। (Cu, Fe).

(c) ভারতের—নামক স্থানে হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। (দুর্গাপুর, সিন্ধ্রী)

(d) অ্যামোনিয়া একটি—গ্যাস। (তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, গন্ধহীন)

(e) অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ু অপেক্ষা—। (হাল্‌কা, ভারী)

(f) নাইট্রোলিম হইল—। (CaC_2, CaNCN)

(g) অ্যামেনিয়া গ্যাস—(অ্যাসিডধর্মী, ক্ষারধর্মী)

(h) NH_4OH একটি—ক্ষার। (তীব্র/মৃদু)

(i) স্মেলিং সল্টে $(NH_4)_2CO_3$ এবং—থাকে। [KOH, $Ca(OH)_2$]

(j) অ্যামোনিয়া নেস্‌লার দ্রবণকে—বর্ণে পরিণত করে। (নীল/বাদামী)

॥ পঞ্চম অধ্যায় ॥

1. নীচে মোটা অক্ষরে লেখা অংশগুলির ভুল সংশোধন কর :

(a) $6KI + 8HNO_3 = 3I_2 + KNO_2 + 2NO + 4H_2O$

(b) ওস্টওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের সময় **লৌহ-চূর্ণ** অনুঘটক ব্যবহার করা হয়।

(c) KNO_3 এর অপর নাম চিলি সল্টপিটার।

(d) তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে H_2S-এ পরিণত করে।

(e) অ্যাকোয়া রিজিয়ায় থাকে 3 Vol. HNO_3 + 2Vol. HCl.

(f) ফেরিক নাইট্রেট যৌগের সংকেত হইল $FeNO_3$.

(g) শুষ্ক অবস্থায় উত্তপ্ত করিলে সমস্ত নাইট্রেট লবণ ভাঙ্গিয়া যায় এবং **নাইট্রোজেন** নির্গত হয়।

(h) বলয় পরীক্ষার জন্য প্রয়োজন $CuSO_4$, গাঢ় H_2SO_4 ও নাইট্রেট লবণের দ্রবণ।

(i) লোহাকে **লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে** ডুবাইলে লোহা নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়।

(j) শীতল ও লঘু HNO_3 এর সহিত জিংকের বিক্রিয়ায় NO_2 উৎপন্ন হয়।

॥ ষষ্ঠ অধ্যায় ॥

1. প্রশ্ন বুঝিয়া সংকেত লেখ :

নাইট্রোজেনের যে অক্সাইড—

(a) গাঢ় বাদামী গ্যাস ও জলে দ্রবণীয়, তাহার সংকেত—

(b) সাদা কঠিন পদার্থ ও জলে দ্রবণীয়, তাহার সংকেত—

(c) বর্ণহীন গ্যাস ও জলে অদ্রবণীয়, তাহার সংকেত—

(d) বর্ণহীন গ্যাস, ঠাণ্ডা জলে দ্রবণীয়, তাহার সংকেত—

2. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর যথাযথভাবে বিচার করিয়া 'হাঁ' বা 'না' লিখ :

(a) নাইট্রিক অক্সাইডের অপর নাম লাফিং গ্যাস।

(b) নাইট্রাস অক্সাইড গরম জল সরাইয়া সংগ্রহ করা হয়।

(c) N_2O_5 একটি জলাকর্ষী পদার্থ।

(d) N_2O_3কে নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক বলা হয়।

(e) অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেনে পরিণত করে ডি-নাইট্রিফাইং ব্যাকটেরিয়া।

(f) লাউ, কুমড়া ইত্যাদি কয়েকটি উদ্ভিদ প্রত্যক্ষভাবে বায়ুর নাইট্রোজেন গ্রহণ করিয়া প্রোটিন গঠন করে।

(g) নাইট্রাস অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলে বাদামী রঙের ধোঁয়া উৎপন্ন করে।

॥ সপ্তম অধ্যায় ॥

1. উপযুক্ত শব্দ বসাইয়া নীচের শূন্যস্থান পূরণ কর :

(a) — এর অনুপ্রভা দেখা যায়।

(b) ফসফরাস প্রস্তুত হয় — নামক যৌগ হইতে।

(c) সাদা ফসফরাসে — এর গন্ধ আছে।

(d) ফসফরাসের প্রধান ব্যবহার — শিল্পে।

(e) মেটা ফসফরিক অ্যাসিডের সংকেত —।

(f) অস্থি-ভস্মে — যৌগটি থাকে।

(g) সুপার ফসফেট — এবং — এর মিশ্রণ।

(h) ফসফরাসকে স্বল্প বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে — যৌগটি উৎপন্ন হয়।

2. বন্ধনীর মধ্যে অতি সংক্ষেপে উত্তর দাও :

(a) ফসফরাসকে আয়োডিনের সংস্পর্শে রাখিলে কি দেখা যাইবে? [ ]

(b) কোন্ ফসফরাস বিষাক্ত? [ ]

(c) ফসফরাসের কোন্ যৌগটি উত্তম আর্দ্রতা বিশোষক? [ ]

(d) ফসফরাসের কোন্ যৌগটিকে তাপের প্রভাবে ঊর্ধ্বপাতিত করা যায়? [ ]

(e) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত লাল ফসফরাসকে ফুটাইলে কোন্ যৌগ উৎপন্ন হয়?

॥ অষ্টম অধ্যায় ॥

1. শুদ্ধ উক্তির পার্শ্বে ✓ চিহ্ন বসাও এবং অশুদ্ধ উক্তির ভুল সংশোধন কর :

(a) 765 মি. মি. চাপকে প্রমাণ চাপ বলা হয়।

(b) স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাপের যে কোন গ্যাসের আয়তন ইহার চাপের সমানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

(c) $0°K = +273{\cdot}18°C$.

(d) চার্লসের সূত্রটিকে এইভাবে প্রকাশ করা যায় $V \propto T$, যখন চাপ স্থির থাকে।

(e) 32°C তাপাংকে 30° গরম তাপাংক হয়।

(f) $\frac{V_1P_1}{T_1} = \frac{V_2P_2}{T_2}$—এই সমীকরণটিকে অবস্থার সমীকরণ বলা হয়।

(g) অপরিবর্তিত উষ্ণতায় গ্যাসের ঘনত্ব চাপের পরিবর্তনের সঙ্গে বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

(h) N.T.P. বলিতে 0°C তাপাংক এবং 760 মি.মি. চাপকে বুঝায়।

(i) –170°C তাপাংকে যে কোন গ্যাসের আয়তন লোপ পায় অর্থাৎ শূন্য হইয়া যায়।

॥ নবম অধ্যায় ॥

1. পাশের বন্ধনীর মধ্যে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির সংক্ষিপ্ত উত্তর দাও :

(a) অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যাটির মান কত ? [ ]

(b) N. T. P.-তে এক গ্রাম আণবিক ওজনের যে-কোন গ্যাসের আয়তন কত ? [ ]

(c) কার্বন ডাই-অক্সাইডের 'গ্রাম মোল' কত ? [ ]

(d) একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন কত গ্রাম ? [ ]

(e) অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতিটি কোন্ বিজ্ঞানী উদ্ভাবন করেন ? [ ]

(f) কোন গ্যাসের আণবিক ওজনের সহিত সেই গ্যাসের বাষ্প ঘনত্বের সম্পর্ক কি ? [ ]

(h) দুইটি যৌগিক অণুর সংকেত লেখ। [ ]

(h) সম-উষ্ণতা ও সমচাপে সম-আয়তন যে কোন গ্যাসে সম-সংখ্যক অণু থাকে।—এই সূত্রটি কোন্ বিজ্ঞানী আবিষ্কার করেন ? [ ]

(i) প্রমাণ তাপ, ও চাপে 50 সি.সি. মিথেন গ্যাসের ওজন কত ? [ ]

॥ দশম অধ্যায় ॥

1. নীচে দাগ দেওয়া মোটা অক্ষরগুলির ভুল সংশোধন কর :

(a) গ্রাফাইট কার্বনের **অনিয়তাকার** রূপভেদ।

(b) প্রাণিজ অঙ্গার কার্বনের **স্ফটিকাকার** রূপভেদ।

(c) হীরক অত্যন্ত **সক্রিয়** পদার্থ।

(d) **হীরককে** বিশোষক-রূপে ব্যবহার করা হয়।

(e) নারিকেল **গাছের কাণ্ড** হইতে সক্রিয় চারকোল প্রস্তুত হয়।

(f) অ্যাসিটিলিন গ্যাসের সংকেত CS_2

(g) ধাতুনিষ্কাশনের কাজে **গ্রাফাইট** ব্যবহৃত হয়।

(h) অঙ্গার তাপ ও বিদ্যুৎ **পরিবাহী** পদার্থ।

(i) অঙ্গার একটি শক্তিশালী **জারক দ্রব্য**।

(j) হীরক এক প্রকার **অবিশুদ্ধ** অঙ্গার।

(k) লুব্রিকেটিং তেল তৈরী করার জন্য **ভুসা কয়লা** ব্যবহার করা হয়।

(l) ঘন ও উত্তপ্ত **কার্বনিক** অ্যাসিড কর্তৃক কার্বন জারিত হয়।

॥ একাদশ অধ্যায় ॥

2. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তরে 'হাঁ' বা 'না' লিখ।

(a) কার্বন ডাই-অক্সাইড যুতযৌগ গঠনে সক্ষম।—

(b) কার্বন মনক্সাইড বায়ুর চেয়ে দেড়গুণ ভারী।—

(c) কার্বন ডাই-অক্সাইড বিষাক্ত গ্যাস।—

(d) কার্বন মনক্সাইড অ্যামোনিয়া মিশ্রিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।—

(e) সোডিয়াম ফর্মেট যৌগের সংকেত NaF

(f) অক্জেলিক অ্যাসিডের সংকেত $\begin{array}{c}COOH\\|\\COOH\end{array}$ —

(g) কাপড় কাচা সোডা একটি উদত্যাগী পদার্থ।—

(h) সোডিয়াম কার্বনেট 'বেকিংপাউডার' নামে পরিচিত।—

(i) সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন মনক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।—

(j) কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে 'ড্রাই-আইড' বলা হয়।—

(k) N. T. P.-তে 1 সি.সি. জলে 1·7 সি.সি. কার্বন মনক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি অ্যাসিডধর্মী গ্যাস।—

॥ দ্বাদশ অধ্যায় ॥

1. পাশের বন্ধনীর মধ্যে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির সংক্ষিপ্ত উত্তর দাও :

(a) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের স্বাদ কিরূপ ? [ ]

(b) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নিজে জ্বলে কি ? [ ]

(c) নিশাদলের রাসায়নিক নাম কি ? [ ]

(d) AgCl কি জলে দ্রবণীয় ? [ ]

(e) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয় কি ? [ ]

(f) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কি একটি মৃদু অ্যাসিড ? [ ]

(g) সংশ্লেষণী পন্থায় সাধারণ লবণ হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয় কি ? [ ]

(h) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত ক্ষারের বিক্রিয়ায় কি কি উৎপন্ন হয় ? [ ]

(i) MnO_2 দ্বারা HCl কে জারিত করিবার বিক্রিয়ার সমীকরণটি লিখ। [ ]

(j) কোন্ খাদ্য প্রস্তুতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-এর প্রয়োজন হয় ? [ ]

॥ ত্রয়োদশ অধ্যায় ॥

1. উপযুক্ত শব্দ বা সংকেত বসাইয়া নীচের শূন্য স্থানগুলি পূরণ কর :

(a) $— + MnO_2 = Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$

(b) ব্লিচিং পাউডারের সংকেত—

(c) $— + 2HCl = Cl_2 + CaCl_2 + H_2O$

(d) ক্লোরিন হাইড্রেটের সংকেত—

(e) কার্বন মনক্সাইডের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া ক্লোরিন যে বিষাক্ত গ্যাসটি উৎপন্ন করে তাহার নাম—।

(f) —প্রস্তুতিতে ক্লোরিন ব্যবহার করা হয়।

(g) —এর যৌগদিগকে 'হ্যালাইড' বলা হয়।

(h) মৌলিক পদার্থের মধ্যে — সর্বাধিক সক্রিয় পদার্থ বা জারক দ্রব্য।

(i) তরল পদার্থ—সাদা ফসফরাসের সংস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটায়।

(j) অতিরিক্ত পারদের সহিত স্বল্প আয়োডিন মিশ্রিত করিয়া খলে মাড়িলে সবুজ বর্ণের যে যোগটি উৎপন্ন হয় তাহার নাম—।

(k) —স্টার্চ দ্রবণকে নীলবর্ণে পরিণত করে।

(l) কাচ খোদাই করিবার জন্য — অ্যাসিডটি ব্যবহৃত হয়।

॥ চতুর্দশ অধ্যায় ॥

1. শুদ্ধ উক্তির পাশে √ চিহ্ন বসাও এবং অশুদ্ধ উক্তির ভুল সংশোধন কর :

(a) সালফার যে একটি মৌলিক পদার্থ তাহা প্রথম প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী ডেভী।

(c) মার্কারির সালফাইড যোগের (HgS) নাম 'গ্যালেনা'।

(b) প্রকৃতিতে সালফার মৌলরূপে পাওয়া যায় না।

(d) সালফারের প্রিজমাকৃতি নিয়তাকার রূপভেদটির নাম α (আলফা) সালফার।

(e) μ (মিউ) সালফার তরল পদার্থ।

(f) সালফারের সব কয়টি রূপভেদ জলে অদ্রবণীয়।

(g) প্লাস্টিক সালফার কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবণীয়।

(h) সালফারের স্ফুটনাংক 440°C.

(i) জলে ফেলিলে সালফার ফুটিতে থাকে।

(j) সালফারের সহিত কস্টিক সোডা নামক ক্ষারের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফাইড যৌগ উৎপন্ন হয়।

(k) সোডিয়াম থায়ো-সালফেট যৌগের সংকেত হইল $Na_2S_2O_6$.

(l) সালফার বাষ্প একটি উত্তম জীবাণুনাশক পদার্থ।

॥ পঞ্চদশ অধ্যায় ॥

1. পাশের বন্ধনীর মধ্যে নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির সংক্ষিপ্ত উত্তর লেখ :

(a) সালফারের কোন্ যৌগ বায়ুতে পোড়াইলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় ? [ ]

(b) রসায়নাগারে SO_2 প্রস্তুত করিবার জন্য ক কি বিকারকের প্রয়োজন হয় ?

(c) রসায়নাগারে প্রস্তুত SO_2 এ কোন্ অবিশুদ্ধি থাকে ? [ ]

(d) সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা কত গুণ ভারী? [ ]

(e) তরল SO_2 এর স্ফুটনাংক কত ? [ ]

(f) SO_2 কোন্ শ্রেণীর অক্সাইড ? [ ]

(g) H_2O_2 এর সহিত SO_2 এর বিক্রিয়ায় কোন্ যৌগ উৎপন্ন হয় ? [ ]

(h) কষ্টিক সোডার সহিত SO_2 এর বিক্রিয়ায় কোন্ কোন যৌগ উৎপন্ন হয় ? [ ]

(i) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ধর্ম প্রমাণ করিবার জন্য একটি বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ। [ ]

(j) SO_2 কি কোন শুষ্ক রঙিন ফুলকে বিরঞ্জিত করিতে পারে ? [ ]

॥ ষোড়শ অধ্যায় ॥

1. নীচের মোটা লেখা অংশগুলির ভুল সংশোধন কর :

(a) 'অয়েল অব ভিট্রিয়ল' হইল HNO_3

(b) রসায়নাগারে H_2SO_4 প্রস্তুতিতে CO-কে অক্সিজেন বাহক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

(c) সংস্পর্শ পদ্ধতিতে SO_2 ও O_2 এর বিক্রিয়া ঘটাইতে তপ্ত **লৌহকে** অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা হয়।

(d) H_2SO_4 নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা **বেশী** উদ্বায়ী।

(e) ইপসম লবণের সংকেত $ZnSO_4, 7H_2O$

(f) নীল ভিট্রিয়লের সংকেত $FeSO_4, 7H_2O$

(g) $KHSO_4$ একটি **শমিত লবণ**।

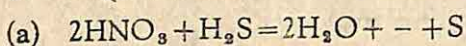
(h) **পটাশ** অ্যালামের গঠন $K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$

(i) **সাদা ভিট্রিয়ল** তরল রক্তকে জমাইয়া ফেলিতে পারে।

(j) **ঘন ও তপ্ত** H_2SO_4 এর সহিত Cu ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

॥ সপ্তদশ অধ্যায় ॥

1. উপযুক্ত শব্দ অথবা সংকেত বসাইয়া নীচের শূন্য স্থানগুলি পূরণ কর :

(a) $2HNO_3 + H_2S = 2H_2O + - - + S$

(b) H_2S গ্যাস বায়ুতে দহনের সময়—শিখায় জ্বলিতে থাকে।

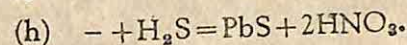
(c) লেড অ্যাসিটেট সিক্ত কাগজ H_2S এর সংস্পর্শে আসিলে—হইয়া যায়।

(d) সদ্য প্রস্তুত ক্ষারমিশ্রিত সোডিয়াম নাইট্রো-প্রুসাইড যৌগের দ্রবণের মধ্যে H_2S গ্যাস চালাইলে দ্রবণের রং—হইয়া যায়।

(e) –দ্রবণ H_2S গ্যাস শোষণ করিতে সক্ষম।

(f) জিংক সালফাইড অধঃক্ষেপের রং—।

(g) অ্যান্টিমনী সালফাইড অধঃক্ষেপের রং—।

(h) $- + H_2S = PbS + 2HNO_3$.

(i) কপার সালফাইড তপ্ত লঘু—অ্যাসিডে দ্রবণীয় কিন্তু—সালফাইড অদ্রবণীয়।

(j) H_2S গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ তপ্ত লোহার অক্সাইডের উপর দিয়া চালাইলে—তৈরী হয়।

———

প্রাথমিক রসায়ন—২য় খণ্ড

বর্ণানুক্রমিক সূচী

(সংখ্যা পৃষ্ঠার নির্দেশক)

INTERNATIONAL ATOMIC WEIGHTS

Elements	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Actinium ...	Ac	89	227	Europium ...	Eu	63	152·0
Aluminium ...	Al	13	26·98	Fermium ...	Fm	100	[255]
Americium ...	Am	95	[243]	Fluorine ...	F	9	19·00
Antimony ...	Sb	51	121·76	Francium ...	Fr	87	[233]
Argon ...	Ar	18	39·944	Gadolinium ...	Gd	64	156·9
Arsenic ...	As	33	74·91	Gallium ...	Ga	31	69·72
Astatine ...	At	85	[210]	Germanium ...	Ge	32	72·60
Barium ...	Ba	56	137·36	Gold ...	Au	79	197·0
Berkelium ...	Bk	97	[245]	Hafnium ...	Hf	72	178·6
Beryllium ...	Be	4	9·013	Helium ...	He	2	4·003
Bismuth ...	Bi	83	209·00	Holmium ...	Ho	67	164·94
Boron ...	B	5	10·82	Hydrogen ...	H	1	1·0080
Bromine ...	Br	35	79 916	Indium ...	In	49	114·76
Cadmium ...	Cd	48	112·41	Iodine ...	I	53	126·91
Calcium ...	Ca	20	40·08	Iridium ...	Ir	77	192·2
Californium ...	Cf	98	[248]	Iron ...	Fe	26	55·85
Carbon ...	C	6	12·011	Krypton ...	Kr	36	83·80
Cerium ...	Ce	58	140·13	Lanthanum ...	La	57	138·92
Caesium ...	Cs	55	132·91	Lead ...	Pb	82	207·2
Chlorine ...	Cl	17	35·457	Lithium ...	Li	3	6·940
Chromium ...	Cr	24	52·01	Lutetium ...	Lu	71	174·99
Cobalt ...	Co	24	58·94	Magnesium ...	Mg	12	24·32
Copper ...	Cu	29	63·54	Manganese ...	Mn	25	54·94
Curium ...	Cm	96	[245]	Mendelevium ...	Mv	101	[256]
Dysprosium ...	Dy	66	162·45	Mercury ...	Hg	80	200·61
Einsteinium ...	En	99	[253]	Molybdenum ...	Mo	42	95·95
Erbium ...	Er	68	167·2	Neodymium ...	Nd	60	144·27

INTERNATIONAL ATOMIC WEIGHTS

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight	Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight
Neon ...	Ne	10	20·183	Selenium ...	Se	34	78·96
Neptunium ...	Np	93	[237]	Silicon ...	Si	14	28·09
Nickel ...	Ni	28	58·69	Silver ...	Ag	47	107·880
Niobium ...	Nb	41	92·91	Sodium ...	Na	11	22·991
Nitrogen ...	N	7	14·008	Strontium ...	Sr	38	87·63
Osmium ...	Os	76	190·2	Sulphur ...	S	16	32·066
Oxygen ...	O	8	16	Tantalum ...	Ta	73	180·95
Palladium ...	Pd	46	106·7	Technetium ...	Tc	43	[99]
Phosphorus ...	P	15	30·975	Tellurium ...	Te	52	127·61
Platinum ...	Pt	78	195·23	Terbium ...	Tb	65	158·93
Plutonium ...	Pu	94	[242]	Thallium ...	Tl	81	204·39
Polonium ...	Po	84	210	Thorium ...	Th	90	232·05
Potassium ...	K	19	39·100	Thulium ...	Tu	69	168·94
Praseodymium	Pr	59	140·92	Tin ...	Sn	50	118·70
Promethium ...	Pm	61	[145]	Titanium ...	Ti	22	47·90
Protactinium ...	Pa	91	231	Tungsten ...	W	74	183·92
Radium ...	Ra	88	226·05	Uranium ...	U	92	238·07
Radon ...	Rn	86	222	Vanadium ...	V	23	50·95
Rhenium ...	Re	75	186·31	Xenon ...	Xe	54	131·3
Rhodium ...	Rh	45	102·91	Ytterbium ...	Yb	70	173·04
Rubidium ...	Rb	37	85·48	Yttrium ...	Y	39	88·92
Ruthenium ...	Ru	44	101·1	Zinc ...	Zn	30	65·38
Samarium ...	Sm	62	150·43	Zirconium ...	Zr	40	91·22
Scandium ...	Sc	21	44·96				

Figures in brackets denote the mass number of the isotope having the longest half-life period.